

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2004 年 8 月 12 日 (12.08.2004)

PCT

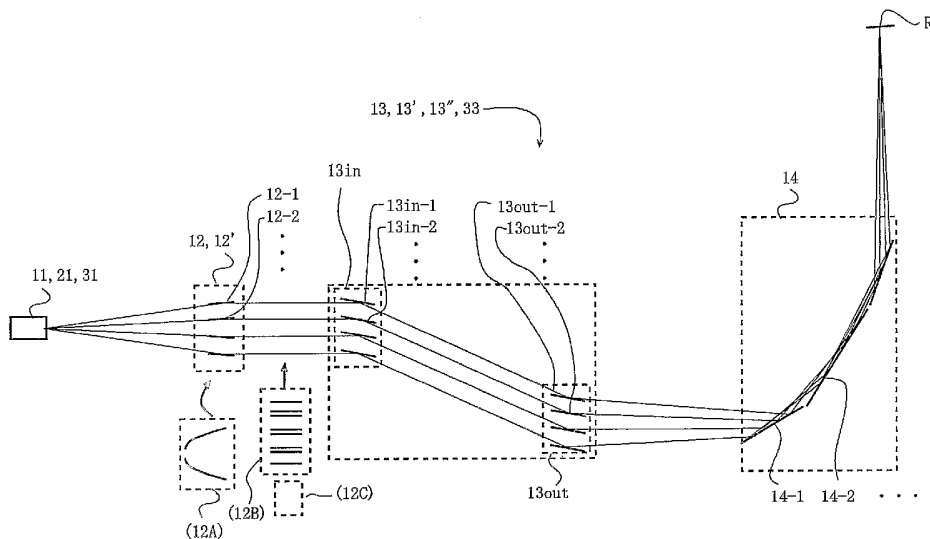
(10) 国際公開番号
WO 2004/068564 A1

- (51) 国際特許分類⁷: **H01L 21/027**, G03F 7/20, (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 株式会社
G21K 1/06, 5/02, G02B 5/08, 27/18 ニコン (NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒100-8331
東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2003/017043
- (22) 国際出願日: 2003 年 12 月 26 日 (26.12.2003) (72) 発明者; および
- (25) 国際出願の言語: 日本語 (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 鈴木 健司
(SUZUKI, Kenji) [JP/JP]; 〒100-8331 東京都千代田区
丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン知的財産部
内 Tokyo (JP). 御手洗 潔 (MITARAI, Kiyoshi) [JP/JP];
〒100-8331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号
株式会社ニコン知的財産部内 Tokyo (JP).
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2002-377149
2002 年 12 月 26 日 (26.12.2002) JP (74) 代理人: 古谷 史旺 (FURUYA, Fumio); 〒160-0023 東
特願 2003-076492 2003 年 3 月 19 日 (19.03.2003) JP 京都 新宿区 西新宿 1 丁目 1 9 番 5 号 第 2 明宝ビル
特願 2003-173974 2003 年 6 月 18 日 (18.06.2003) JP 9 階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM, ILLUMINATING DEVICE, PROJECTION EXPOSURE APPARATUS AND EXPOSURE METHOD

(54) 発明の名称: 照明光学系、照明装置、投影露光装置、及び露光方法



(57) Abstract: An illumination optical system wherein loss in the quantity of light is small even when an EUV light is used as a light source is disclosed. The illumination optical system comprises a light source portion emitting an extreme ultraviolet light, a collimator mirror, a fly-eye mirror, and a condenser mirror arranged in this order, and is characterized in that the collimator mirror, the fly-eye mirror, and the condenser mirror are respectively composed of a plurality of unit mirrors which are arranged in postures that the oblique incidence angle of an incident light is to be the total reflection angle.

(57) 要約: 本発明は、光源に EUV 光を用いた場合においても光量ロスの少ない照明光学系等を提供することを目的とする。本発明の照明光学系は、極端紫外光を射出する光源部、コリメータミラー、フライアイミラー、及びコンデンサミラーを順に配置し、前記コリメータミラー、フライアイミラー、コンデンサミラーの各々は、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢で

[続葉有]



WO 2004/068564 A1



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

パ特許 (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ユーロッ

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各 *PCT* ガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

明細書

照明光学系、照明装置、投影露光装置、及び露光方法

技術分野

- 5 本発明は、投影露光装置に搭載される照明光学系や照明装置に関し、特に、極端紫外光（Extreme Ultra Violet 光：以下、EUV光という。）に適した照明光学系や照明装置に関する。また、本発明は、上記照明光学系及び照明装置を用いた投影露光装置に関する。また、本発明は、これらの照明光学系や照明装置を用いて良好なるマイクロデバイス（半導体装置、撮像素子、液晶表示装置、薄膜磁
- 10 気ヘッド等）を製造するための露光方法に関する。

背景技術

投影露光装置は、半導体の集積密度を向上させるため、露光波長が短波長化される傾向にある。

- 15 それに適用される光源としては、水銀のi線（波長365.015nm）、KrFエキシマレーザ（波長248nm）、ArFエキシマレーザ（波長193nm）、F₂エキシマレーザ（波長157nm）などが挙げられる。さらには、EUV光、特に波長50nm以下のEUV光を光源として用いることも検討されている。
- 20 仮に、波長50nm以下のEUV光を用いる場合、光学系を反射型に構成する必要が生じる（たとえば、特開2000-349009号公報に記載された照明光学系など。）。

- しかしながら、特開2000-349009号公報に記載された照明光学系であっても、EUV光、特に波長50nm以下のEUV光を十分な反射率で反射させることはできないので、光量ロスが大きい。
- 25

なお、各反射面に多層膜を用いることで或る程度の改善が図られるが、それでもこの照明光学系では各反射面につき70%程度しか反射率が得られないので、不十分である。

また、照明光学系中に配置されたフライアイミラーにおける光量ロスも多くフ

ライアイミラーそのものにて大幅な改善が求められている。

発明の開示

そこで本発明は、光源にEUV光を用いた場合においても光量ロスが少ない照明光学系及び照明装置を提供することを提供することを目的とする。

また、本発明は、上記照明光学系及び照明装置を用いることによって高性能な投影露光装置を提供することを目的とする。

さらに、本発明は、上記照明光学系及び照明装置を用いることによって良好なるマイクロデバイス（半導体装置、撮像素子、液晶表示装置、薄膜磁気ヘッド等）を製造し得る露光方法を提供することを目的とする。

本発明の照明光学系は、極端紫外光を射出する光源部、コリメータミラー、フライアイミラー、及びコンデンサミラーを順に配置し、前記コリメータミラー、フライアイミラー、コンデンサミラーの各々は、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された複数の単位ミラーからなることを特徴とする。

好ましくは、前記光源部は、レーザプラズマ光源と、前記レーザプラズマ光源から出射された極端紫外光を集光するコレクタミラーと、前記コレクタミラーによる前記極端紫外光の集光点近傍に配置された飛散物遮断用の隔壁とを備える。

また、好ましくは、前記光源部は、放電プラズマ光源を備えている。

さらに、好ましくは、前記光源部は、前記放電プラズマ光源から出射された極端紫外光を集光するコレクタミラーと、前記コレクタミラーによる前記極端紫外光の集光点近傍に配置された飛散物遮断用の隔壁とを備える。

さらに、好ましくは、前記コレクタミラーは、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された複数の単位ミラーからなる。

さらに、好ましくは、前記コリメータミラーは、互いに径及び広がり角度の異なる複数のスカート状の単位ミラーを、その広がり部を射出側に向けた状態で光軸の周りに配置してなる。

さらに、好ましくは、前記複数のスカート状の単位ミラーの反射面は、円錐の部分側面の形状をしている。

また、好ましくは、前記単位ミラーのうち最外周側に配置される前記単位ミラ

一の反射面は、放物面の形状をしており、それ以外の前記単位ミラーの反射面は、円錐の部分側面の形状をしている。

さらに、好ましくは、前記コリメータミラーと前記フライアイミラーとの間に、複数の中空管を並列配置してなるキャピラリーアレイが配置される。

5 さらに、好ましくは、前記キャピラリーアレイを冷却する冷却機構が備えられる。

さらに、好ましくは、前記フライアイミラーは、互いに同姿勢の複数の単位ミラーを並列配置した入射端と、互いに同姿勢の複数の単位ミラーを並列配置した出射端とを、それら各単位ミラーに対する入射光の斜入射角度が全反射角度となるよう、それら単位ミラーによる反射光の進行方向に十分な間隔をおいて配置してなる。

10

さらに、好ましくは、前記入射端に配置される前記複数の単位ミラーの反射面は、それぞれウォルター I 型の形状をしている。

さらに、好ましくは、前記入射端及び前記出射端に配置される前記複数の単位ミラーの反射面は、それぞれ放物面の形状をしている。

15

さらに、好ましくは、前記入射端を構成する前記複数の単位ミラーは、各単位ミラー間の反射光のケラレが低減されるよう、それら単位ミラーによる反射光の進行方向に十分な距離ずつずらして配置され、前記出射端を構成する前記複数の単位ミラーは、各単位ミラー間の反射光のケラレが低減されるよう、それら単位ミラーによる反射光の進行方向に十分な距離ずつずらして配置される。

20

さらに、好ましくは、前記コンデンサミラーは、複数の単位ミラーを直列配置してなり、かつそのうち少なくとも 1 つの反射面がトロイダル非球面である。

さらに、好ましくは、前記光源部が射出する前記極端紫外光は、波長 50 nm 以下の極端紫外光であり、前記コリメータミラー、フライアイミラー、コンデンサミラーの各単位ミラーの反射面は、Ru 又は Mo の材料からなり、かつ前記斜入射角度が 15° 以下となる姿勢で配置される。

25

本発明の投影露光装置は、反射型の投影光学系と、本発明の何れかの照明光学系とを備えたことを特徴とする。

本発明の露光方法は、本発明の何れかの照明光学系を用いてレチクルを照明す

る照明工程と、前記レチクルのパターンを感光性基板に露光する露光工程とを含むことを特徴とする。

本発明の照明装置は、極端紫外光を供給する光源部、及び該光源部からの光を被照明物体に導く照明光学系を有し、前記照明光学系は、前記極端紫外光を反射
5 させる複数の反射部材を含み、前記照明光学系を構成する全ての前記反射部材は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢で配置されることを特徴とする。

好ましくは、前記複数の反射部材は、多数の反射素子を有するアレイ状ミラーを少なくとも含み、前記アレイ状ミラーにおける多数の反射素子は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢で配置される。

10 さらに好ましくは、前記アレイ状ミラーにおける多数の反射素子は、メリジオナル方向及びサジタル方向において所定の光学パワーをそれぞれ有する。

さらに好ましくは、前記複数の反射部材は、多数の第1の反射素子を有する第1のアレイ状ミラーと、多数の第2の反射素子を有する第2のアレイ状ミラーとを少なくとも含み、前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子及び
15 前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置される。

また、本発明の照明装置は、極端紫外光を供給する光源部、及び該光源部からの光を被照明物体に導く照明光学系を有し、前記照明光学系は、前記極端紫外光を反射させる複数の反射部材を含み、前記複数の反射部材は、多数の第1の反射
20 素子を有する第1のアレイ状ミラーと、多数の第2の反射素子を有する第2のアレイ状ミラーとを少なくとも含み、前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子及び前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置されることを特徴とする。

25 好ましくは、前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子及び前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、メリジオナル方向及びサジタル方向において所定の光学パワーを有する。

さらに好ましくは、前記第1のアレイ状ミラー及び前記第2のアレイ状ミラーを経由した光は、前記第2のアレイ状ミラー、前記第2のアレイ状ミラーの近傍、

または前記第2のアレイ状ミラーの射出側に2次光源としての多数の集光点を形成する。

さらに好ましくは、前記第1の反射素子と第2の反射素子とのうちの少なくとも一方は方物面状の反射面を含む。

5 さらに好ましくは、前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子は、前記第1のアレイ状ミラーに入射する入射光路に対して所定の角度で傾斜する第1の基準面にて稠密に配置され、前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、前記第2のアレイ状ミラーに入射する入射光路を所定の角度で傾斜する第2の基準面にて稠密に配置されることを特徴とする。

10 さらに好ましくは、前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子は、前記多数の第1の反射素子の各々に入射する光の中心光に対して所定の角度 $\beta 1$ で傾斜する第1の基準面にて稠密に配置され、前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、前記多数の第1の反射素子の各々に入射する光の中心光に対して所定の角度 $\beta 2$ で傾斜する第2の基準面にて稠密に配置され、
15 前記所定の角度 $\beta 1$ 及び前記所定の角度 $\beta 2$ は、 $0^\circ < \beta 1 \leq 20^\circ$ 、 $0^\circ < \beta 2 \leq 20^\circ$ を満たす。

本発明の投影露光装置は、本発明の何れかの照明装置と、前記照明装置により照明された前記被照明物体としてのレチクルのパターンを感光性基板に投影する投影光学系とを有することを特徴とする。

20 本発明の露光方法は、本発明の何れかの照明装置を用いて前記被照明物体としてのレチクルを照明する照明工程と、前記レチクルのパターンを感光性基板に露光する露光工程とを含むことを特徴とする。

本発明の露光方法は、極端紫外光を供給する工程と、該極端紫外光でレチクルを照明する工程と、前記レチクルのパターンを感光性基板に露光する工程とを含み、
25 前記照明工程は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された複数の反射部材のみを用いて前記極端紫外光を被照明物体へ導く工程を含むことを特徴とする。

本発明の露光方法は、極端紫外光を供給する工程と、該極端紫外光でレチクルを照明する工程と、前記レチクルのパターンを感光性基板に露光する工程とを含

み、前記照明工程は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された多数の第1の反射素子を有する第1のアレイ状ミラーと、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された多数の第2の反射素子を有する第2のアレイ状ミラーとを用いて前記極端紫外光を被照明物体へ導く工程を含むことを特徴とする。

5

図面の簡単な説明

図1は、第1実施の形態の照明光学系の概略構成図である。

図2は、波長13.5nmのEUV光の斜入射角度と反射率との関係（Moについて）を示す図である。

10 図3は、波長13.5nmのEUV光の斜入射角度と反射率との関係（Ruについて）を示す図である。

図4は、波長13.5nmのEUV光の斜入射角度と反射率との関係（MoSi₂について）を示す図である。

図5は、第1実施の形態のコリメータミラー12を説明する図である。

15 図6は、第1実施の形態のコリメータミラー12'を説明する図である。

図7は、(a)は第1実施の形態のフライアイミラー13の入射端13_{in}を示す図であり、(b)は第1実施の形態のフライアイミラー13の出射端13_{out}を示す図である。

20 図8は、第1実施の形態のフライアイミラー13の入射端13_{in}に配置された単位ミラー13_{in}-1, 13_{in}-2, ...の反射面の形状を説明する図である。

図9は、第2実施の形態のコリメータミラー12''を説明する図である。

図10は、キャピラリーアレイ12Bを説明する図である。

25 図11は、第3実施の形態のフライアイミラー13'の入射端13'_{in}に配置された単位ミラー13'_{in}-1, 13'_{in}-2, ...の反射面の形状を説明する図である。

図12は、第4実施の形態のフライアイミラー13''の入射端13''_{in}に配置された単位ミラー13''_{in}-1, 13''_{in}-2, ...、及び出射端13''_{out}に配置された単位ミラー13''_{out}-1, 13''_{out}-2, ...の

反射面の形状を説明する図である。

図 1 3 は、第 5 実施の形態の光源部 2 1、及びその周辺の概略構成を示す図である。

図 1 4 は、第 6 実施の形態の光源部 3 1、及びその周辺の概略構成を示す図である。

図 1 5 は、第 6 実施の形態のコレクタミラー 3 1 c を説明する図（透視図）である。

図 1 6 は、第 7 実施の形態のフライアイミラー 3 3 の各単位ミラーの配置関係を説明する図である。

10 図 1 7 は、第 8 実施の形態の投影露光装置の構成図である。

図 1 8 は、第 1 実施例のコリメータミラー 1 2' の構成を示す断面図である。

図 1 9 は、第 1 実施例のフライアイミラー 1 3 の構成を示す光路図である。

図 2 0 は、第 1 実施例のコンデンサミラー 1 4 の構成を示す光路図である。

15 図 2 1 は、第 2 実施例のコリメータミラー 1 2'' の各反射面の位置関係を示す図である。

図 2 2 は、第 3 実施例のフライアイミラー 1 3' の入射端 1 3' i n に配置された単位ミラー 1 3' i n - 1, 1 3' i n - 2, ... の反射面の形状を説明する図である。

20 図 2 3 は、第 4 実施例のフライアイミラー 1 3'' の入射端 1 3'' i n 及び出射端 1 3'' o u t に配置された単位ミラー 1 3'' i n - 1, 1 3'' i n - 2, ..., 1 3'' o u t - 1, 1 3'' o u t - 2, ... の反射面の形状を説明する図である。

図 2 4 は、第 5 実施例のフライアイミラー 3 3 の光路図である。

図 2 5 は、第 5 実施例のコンデンサミラー 1 4 の構成を示す光路図である。

25 図 2 6 は、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

図 2 7 は、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

発明を実施するための最良の形態

以下、図面に基づいて本発明の実施の形態について説明する。

[第1実施の形態]

図1、図2、図3、図4、図5、図6、図7、図8に基づいて本発明の第1実施の形態について説明する。本実施の形態は照明光学系の実施の形態である。

図1は、本実施の形態の照明光学系の概略構成図である。なお、図1において符号12A、12B、12C、13'、13"が付与されたのは、後述する実施の形態の構成要素なのでここでは説明しない。

この照明光学系は、主に反射型の投影光学系を備えた投影露光装置に適用され、その投影露光装置のレチクル面Rをケーラー照明するものである。

この照明光学系の光源部11は、EUV光（以下、波長50nm以下のEUV光とする。）を射出する光源部である。

この光源部11には、効率のよいXeをターゲットとして用いたレーザプラズマ光源、又は、放電プラズマ光源などが適用可能である。

特に、放電プラズマ光源は、エネルギー効率が比較的高いので、高いスループットを実現する上で有利である。

照明光学系には、この光源部11の射出側に、コリメータミラー12、フライアイミラー13、及びコンデンサミラー14が順に配置される。

コリメータミラー12は、複数の単位ミラー12-1、12-2、・・・を入射光束に対し並列配置している。

フライアイミラー13は、複数の単位ミラー13in-1、13in-2、・・・を並列配置した入射端13in、複数の単位ミラー13out-1、13out-2、・・・を並列配置した出射端13outを有する。

コンデンサミラー14は、複数の単位ミラー14-1、14-2、・・・を入射光束に対し直列配置している。

ここで、並列配置とは、入射光束のうち互いに異なる部分光束に対し個別に作用する配置であり、また、直列配置とは、入射光束の全体に対し順に作用する配置である。

そして、これらの単位ミラー12-1、12-2、・・・、13in-1、1

3 in-2, ..., 13 out-1, 13 out-2, ..., 14-1, 14-2, ... の姿勢は、それらの反射面に対する入射光（ここでは、波長 50 nm 以下の EUV 光）の斜入射角度（反射面とのなす角度）がそれぞれ全反射角度となるよう設定される。

- 5 なお、理想的な全反射は反射率 100% の反射であるが、実際には若干の光量ロス許容せざるを得ないので、本明細書では、文言「全反射」を、「反射率 80% 以上の反射」とし、入射光が全反射する斜入射角度を特に、「全反射角度」という。

また、これらの単位ミラー 12-1, 12-2, ..., 13 in-1, 13
10 in-2, ..., 13 out-1, 13 out-2, ..., 14-1, 14-2, ... の反射面には、それぞれ Mo 又は Ru の材料が使用される。

図 2、図 3、図 4 は、波長 13.5 nm の EUV 光の斜入射角度と反射率との関係を示す図である。

図 2 に示すのは Mo の反射率、図 3 に示すのは Ru の反射率、図 4 に示すのは
15 MoSi₂ の反射率である。

これらは何れも反射面に使用される代表的な材料であるが、何れも、入射光の斜入射角度が小さいほど反射率が高くなる。

図 2、図 3、図 4 によると、Mo の全反射角度は約 15° 以下、Ru の全反射角度は約 15° 以下、MoSi₂ の全反射角度は約 10° 以下である。

20 特に、反射率が 90% 以上得られる全反射角度は、Mo については約 10° 以下、Ru については約 8° 以下、MoSi₂ については約 5° 以下である。

つまり、Mo 又は Ru の材料を使用した場合の全反射角度は、MoSi₂ の材料を使用した場合の全反射角度と比較すると大きい。

本実施の形態では、単位ミラー 12-1, 12-2, ..., 13 in-1,
25 13 in-2, ..., 13 out-1, 13 out-2, ..., 14-1, 14-2, ... の反射面にそれぞれ Mo 又は Ru の材料が使用されるので、全反射角度は比較的大きい 15° 以下となる。

したがって、各反射面の配置設計の自由度は、他の材料を使用した場合よりも高くなる。

但し、s p 偏光間の反射率の違いによる強度差が問題となるような場合には、各反射面の一部又は全部に MoSi_2 の材料を用いればよい。

図5は、本実施の形態のコリメータミラー12を説明する図である。

図5(a)は光軸Zを含む平面でコリメータミラー12を切断した断面図、図5(b)はコリメータミラー12の斜視図である。

図5(a)に示すように、コリメータミラー12は、互いに径及び広がり角度の異なる複数のスカート状の単位ミラー12-1, 12-2, ...を、その裾部(広がり部)を射出側に向けた状態で光軸Zの周りに配置している(図では、単位ミラーの数を3とした。)

10 単位ミラー12-1, 12-2, ...は、それぞれ内側に反射面を有している。

入射光束を平行光束に変換するに当たり、周辺光線を偏向する単位ミラー(つまり径が大きく外側に配置された単位ミラー)ほど、その広がり角度が大きく採られる。

15 また、単位ミラー12-1, 12-2, ...の反射面は、図5(a)(b)にも示すように、それぞれ円錐の部分側面の形状とされる。

このような単位ミラー12-1, 12-2, ...からなるコリメータミラー12は、光源部11から互いに異なる射出角度で射出した光線を個別に平行光束に変換する。

20 ここで、このコリメータミラー12においては、上述したように単位ミラー12-1, 12-2, ...の反射面に対する入射光の斜入射角度 θ (図5(a)参照)が、それぞれ全反射角度(ここでは 15° 以下)に抑えられなければならない。

25 しかし、この構成では、コリメータミラー12における全ての入射光の斜入射角度を全反射角度(ここでは 15° 以下)にすることはできない可能性がある。

特に、径の大きい単位ミラー(外側に配置された単位ミラー)に対する入射光の斜入射角度が全反射角度(ここでは 15° 以下)よりも大きくなる可能性がある。

その場合、コリメータミラー12を図6に示すコリメータミラー12'のように変形するとよい。

図 6 は、コリメータミラー 1 2' を説明する図である。

図 6 (a) は光軸 Z を含む平面でコリメータミラー 1 2' を切断した断面図、
図 6 (b) はコリメータミラー 1 2' の斜視図である。

コリメータミラー 1 2' の最外周に配置された単位ミラー 1 2-1 は、複数の
5 単位ミラー 1 2-1-1, 1 2-1-2, ... を直列配置している (図 6 では、
直列配置される単位ミラーの数を 3 とした。) 。

単位ミラー 1 2-1-1, 1 2-1-2, ... のそれぞれは、図 5 に示した
コリメータミラー 1 2 の単位ミラー 1 2-1 と同様、スカート状をしており、そ
の反射面が円錐の部分側面の形状をしている。

10 単位ミラー 1 2-1-1, 1 2-1-2, 1 2-1-3, ... は、光源部 1
1 側からの入射光を順に反射することにより、その入射光を光軸 Z に平行な光線
に変換して射出する。

なお、最外周以外の単位ミラー 1 2-2, 1 2-3, ... のそれぞれについ
ても同様に、複数の単位ミラーを直列配置させてもよい (1 2-2-1, 1 2-
15 2-2, 1 2-2-3, 1 2-3-1, 1 2-3-2, 1 2-3-3) 。

次に、フライアイミラー 1 3 (図 1 参照) について説明する。

上述したようにこのフライアイミラー 1 3 の単位ミラー 1 3 i n-1, 1 3 i
n-2, ..., 1 3 o u t-1, 1 3 o u t-2, ... の姿勢は、それぞれ
入射光の斜入射角度が全反射角度(ここでは 1 5° 以下)となるよう設定される。

20 このため、フライアイミラー 1 3 の入射端 1 3 i n と出射端 1 3 o u t とは、
それら各単位ミラーによる反射光の進行方向に十分な間隔をおいて配置される。

図 7 は、フライアイミラー 1 3 を説明する図である。

図 7 (a) にはフライアイミラー 1 3 の入射端 1 3 i n、図 7 (b) にはフラ
イアイミラー 1 3 の出射端 1 3 o u t を示した。なお、図 7 (a) はコリメータ
25 ミラー 1 2 の側から見た様子であり、図 7 (b) はコンデンサミラー 1 4 の側か
ら見た様子である。

図 8 は、フライアイミラー 1 3 の入射端 1 3 i n に配置される単位ミラー 1 3
i n-1, 1 3 i n-2, ... の反射面の形状を説明する図である。

単位ミラー 1 3 i n-1, 1 3 i n-2, ... の反射面は、出射端 1 3 o u

tに配置される単位ミラー13out-1, 13out-2, ...上にそれぞれ二次光源を収差無く形成するため、それぞれ部分放物面の形状をしている。

また、単位ミラー13in-1, 13in-2, ...の反射面の外形は、投影露光装置の露光領域と相似形をしている。ここでは、露光領域が円弧フィールド

5 ドであるとする。

次に、コンデンサミラー14（図1参照）について説明する。

コンデンサミラー14は、出射端13outから射出する光束を、単位ミラー14-1, 14-2, ...にて順に反射し、出射端13outに形成された二次光源群をレチクル面R上の円弧フィールドに重畳して投影する。

10 これら単位ミラー14-1, 14-2, ...の少なくとも1つの反射面の形状は、後述する式(1)により定義される「トロイダル非球面」である。

以上説明した光源部11、コリメータミラー12（又は12'）、フライアイミラー13、コンデンサミラー14からなる本実施の形態の照明光学系は、各ミラーを複数の単位ミラーにより構成すると共に、全ての反射面の全反射作用を利用

15 しているので、EUV光の光量ロスは少なく抑えられる。

このような照明光学系によれば、レチクル面Rは十分な光量のEUV光により照明される。

また、本実施の形態の照明光学系では、各反射面に対する斜入射角度を積極的に全反射角度（ここでは 15° ）としているので、それら各反射面に多層膜を形

20 成する必要は無い。

また、本実施の形態の照明光学系では、コリメータミラー12の単位ミラー12-1, 12-2, ...の反射面を比較的単純な円錐の部分側面の形状としているが、円錐の部分側面は、発散する光束を平行光束に変換するための理想的形状である部分放物面（放物面の一部の面）に似ているだけでなく、その部分放物

25 面よりも単純な曲面である。

よって、単位ミラー12-1, 12-2, ...は、所望の機能を果たしながら薄化可能である。

単位ミラー12-1, 12-2, ...が薄化されれば、コリメータミラー12の入射端における光線のケラレが低減されるので、光量ロスは、さらに低減さ

れる。

また、図6に示したコリメータミラー12'が適用されれば、そのコリメータミラー12'において互いに直列に配置された単位ミラー12-1-1, 12-1-2, ...のそれぞれに割り当てられる光線の偏向角度が、直列に配置される単位ミラーが単一であるとき（図5参照）よりも小さいので、入射光の斜入射角度をそれぞれ全反射角度（ここでは15°以下）とし、光量ロスを実際に抑えることができる。

このコリメータミラー12'においては、直列に配置される単位ミラーの数を多くした分だけ、各反射の斜入射角度を小さくする（例えば6°程度。その場合の反射率は90%以上）ことができる。このようにすれば、より高い反射率で全反射することが可能である。

また、フライアイミラー13においては、単位ミラー13in-1, 13in-2, ..., 13out-1, 13out-2, ...の姿勢をそれぞれそれらの反射面に対する入射光の斜入射角度がさらに小さくなるよう（例えば6°程度。その場合の反射率は90%以上）設定すれば、光量ロスをさらに抑えることができる。

また、コンデンサミラー14の単位ミラー14-1, 14-2, ...の反射面には、「トロイダル非球面」（式（1）参照）が用いられるので、このコンデンサミラー14にて不可避免的に発生する非点収差は、効率的に除去される。

また、コンデンサミラー14においては、単位ミラー14-1, 14-2, ...の姿勢をそれぞれそれらの反射面に対する入射光の斜入射角度がさらに小さくなるよう（例えば6°程度。その場合の反射率は90%以上）設定すれば、光量ロスをさらに抑えることができる。

なお、以上の説明では、反射面に対する入射光の斜入射角度をなるべく小さくすることが望ましいとしたが、互いに直列配置される単位ミラーの数をそのために増加する場合、反射回数の増加による光量ロスの増加を考慮し、複数の単位ミラーの全体における光量ロスが低減されるように設計が必要がある。

[第2実施の形態]

図1、図9、図10に基づいて本発明の第2実施の形態について説明する。本

実施の形態は照明光学系の実施の形態である。

ここでは、第1実施の形態の照明光学系との相違点についてのみ説明する。相違点は、図1に示すコリメータミラー12（又は12'）に代えてコリメータミラー12"が適用され、また、キャピラリーアレイ12B、冷却装置12Cが付
5 加される点にある。

図9は、本実施の形態のコリメータミラー12"を説明する図である。

図9（a）は光軸Zを含む平面でコリメータミラー12"を切断した断面図、
図9（b）はコリメータミラー12"の斜視図である。

図9（a）に示すように、コリメータミラー12"は、コリメータミラー12'の
10 の外周側に、内側が反射面となったスカート状の単位ミラー12Aを配置したものである。

この単位ミラー12Aの反射面の形状は、光軸Z上に中心線を有し、かつ光源部11の位置に焦点を有する放物面の一部（部分放物面）である。

この単位ミラー12Aの反射面にも、Mo又はRuの材料が使用される。但し、
15 s p 偏光間の反射率の違いによる強度差が問題となるような場合には、反射面にMoSi₂の材料が用いられる。

また、単位ミラー12Aの反射面に対する入射光（ここでは、波長50nm以下のEUV光）の斜入射角度は、全反射角度（ここでは15°以下、但しMoSi₂使用の場合10°以下）である。

20 次に、キャピラリーアレイ12Bについて説明する。

キャピラリーアレイ12Bは、コリメータミラー12"の射出側に配置される。

また、キャピラリーアレイ12Bは、冷却装置12Cによって冷却される。

図10は、キャピラリーアレイ12Bを説明する図である。

図10（a）は、光軸Zを含む平面でキャピラリーアレイ12Bを切断した断
25 面図、図10（b）はキャピラリーアレイ12Bの斜視図である。

図10（a）（b）に示すとおり、キャピラリーアレイ12Bは、複数の中空型ガラス管12B-1，12B-2，・・・を並列配置している。

中空型ガラス管12B-1，12B-2，・・・は、キャピラリーアレイ12Bの入射端12Binと出射端12Boutが互いに同大の円状となるよう束ね

られている。

以上の如く、図 9 に示す実施の形態のコリメータミラー 12” は、高い開口数（大きな発散角）を持つ光を光量損失を招くことなく高効率でコリメート光に変換するために、高い開口数（大きな発散角）を持つ光線を反射させる高開口数用の反射部（外側単位ミラー：12A）と、高い開口数（大きな発散角）よりも小さい開口数（大きな発散角）を持つ光線を反射させる非高開口数用の反射部（内側単位ミラー：12A-1, 12A-2, ...）とを有している。

以上、本実施の形態の照明光学系においては、コリメータミラー 12” の外周側に配置された単位ミラー 12A の反射面が部分放物面の形状をしている。

10 放物面は、発散する光束を平行光束に変換するための理想的形状であるので、この単位ミラー 12A によれば、光源部 11 から射出する周辺光束（発散角度の大きい光束）が確実に平行光束化される。

したがって、EUV 光の光量ロスは、より少なく抑えられる。

15 なお、放物面を採用したため単位ミラー 12A はその薄化が困難だが、その配置箇所が最外周なので、薄化する必要性は低く、問題は無い。

また、特に、光源部 11 に放電プラズマ光源を適用したときにこのコリメータミラー 12” を併用すれば、その光源部 11 からの射出光束が効率よく平行光束化される。

20 なお、以上の実施の形態では、コリメータミラー 12” の外周の単位ミラー 12A の反射面を方物面形状としているが、本発明ではこの形状に限ることなく例えばウォルター I 型のミラー（方物面状の反射面と双曲面状の反射面とを組み合わせたミラー）で構成できることは言うまでもない。

25 また、本実施の形態の照明光学系には、キャピラリーアレイ 12B が配置されたので、コリメータミラー 12” からの射出光束に含まれる非平行な光線（コリメータミラー 12” において平行化され損なったものである。）は除去される。

また、キャピラリーアレイ 12B は、その射出光束に含まれる飛散物（光源部 11 において発生したものである。）をも除去する。

また、そのキャピラリーアレイ 12B は冷却装置 12C により冷却されるので、それらの除去の効果が最大限得られる。

なお、本実施の形態の照明光学系には、コリメータミラー 1 2” とキャピラリーアレイ 1 2 B と冷却装置 1 2 C とが組み合わされているが、本実施の形態の照明光学系においてキャピラリーアレイ 1 2 B と冷却装置 1 2 C とを省略した照明光学系や、本実施の形態の照明光学系において冷却装置 1 2 C を省略した照明光学系も実現可能である。

また、第 1 実施の形態の照明光学系においてキャピラリーアレイ 1 2 B と冷却装置 1 2 C とを適用した照明光学系や、第 1 実施の形態においてキャピラリーアレイ 1 2 B を適用した照明光学系も実現可能である。

[第 3 実施の形態]

図 1、図 1 1 に基づいて本発明の第 3 実施の形態について説明する。本実施の形態は照明光学系の実施の形態である。

ここでは、第 1 実施の形態又は第 2 実施の形態の照明光学系との相違点についてのみ説明する。相違点は、図 1 に示すフライアイミラー 1 3 に代えてフライアイミラー 1 3’ が適用される点にある。

図 1 1 は、本実施の形態のフライアイミラー 1 3’ の入射端 1 3’ i n に配置される単位ミラー 1 3’ i n - 1, 1 3’ i n - 2, . . . の反射面の形状を説明する図である。

これらの反射面は、それぞれウォルター I 型の形状をしている。

ウォルター I 型の形状は、部分放物面である第 1 面と、部分双曲面である第 2 面とからなる。

放物面と双曲面の中心線は同一直線上にあり、双曲面の 2 つの焦点 F 1、F 2 のうち一方の焦点 F 2 に放物面の焦点が一致している。

第 1 面と第 2 面とは、放物面と双曲面とのそれぞれを両者の交線近傍で部分的に切り取ってできる面である。

このような単位ミラー 1 3’ i n - i は、前記中心線が光軸 Z に平行となる姿勢で配置される。

この単位ミラー 1 3’ i n - i による光束の集光位置は、焦点 F 2 となる。

この焦点 F 2 に、その単位ミラー 1 3’ i n - i に対応する単位ミラー 1 3’ o u t - i (出射端 1 3’ o u t に配置される単位ミラーである。) が配置され

る。

なお、これらの単位ミラー $13' \text{ in} - 1, 13' \text{ in} - 2, \dots, 13' \text{ out} - 1, 13' \text{ out} - 2, \dots$ の反射面にも、それぞれ Mo 又は Ru の材料が使用される。但し、sp 偏光間の反射率の違いによる強度差が問題となる

5 ような場合には、反射面に MoSi_2 の材料が用いられる。

また、これら単位ミラー $13' \text{ in} - 1, 13' \text{ in} - 2, \dots, 13' \text{ out} - 1, 13' \text{ out} - 2, \dots$ の反射面に対する入射光（ここでは、波長 50 nm 以下の EUV 光）の斜入射角度は、それぞれ全反射角度（ここでは 15° 以下、但し MoSi_2 使用の場合 10° 以下）である。

10 以上、本実施の形態の照明光学系においては、フライアイミラー $13'$ の入射端 $13' \text{ in}$ の各反射面がそれぞれウォルター I 型の形状をしているので、アッベの正弦条件を満たすことができ、それら反射面の外形を露光領域の正確な相似形（ここでは円弧フィールド）にすることができる。

その結果、EUV 光が必要な領域に無駄なく導光されるので、光量ロスがさら
15 に抑えられる。

[第 4 実施の形態]

図 1、図 12 に基づいて本発明の第 4 実施の形態について説明する。本実施の形態は照明光学系の実施の形態である。

ここでは、第 1 実施の形態、第 2 実施の形態、第 3 実施の形態の何れかとの相
20 違点についてのみ説明する。相違点は、図 1 に示すフライアイミラー 13 （又は $13'$ ）に代えてフライアイミラー $13''$ が適用される点にある。

図 12 は、本実施の形態のフライアイミラー $13''$ の入射端 $13'' \text{ in}$ に配置される単位ミラー $13'' \text{ in} - 1, 13'' \text{ in} - 2, \dots$ 、及び出射端 $13'' \text{ out}$ に配置される単位ミラー $13'' \text{ out} - 1, 13'' \text{ out} - 2, \dots$ の
25 反射面の形状を説明する図である。

単位ミラー $13'' \text{ in} - i$ の反射面は、部分放物面の形状をしている。

単位ミラー $13'' \text{ out} - i$ の反射面も、部分放物面の形状をしている。

前者の放物面と後者の放物面とは、形状及び中心線及び焦点 F が互いに一致しており、頂点の方向のみが互いに反対である。

なお、必要に応じて前者と後者との放物面の焦点を僅かにずらしてもよい。

単位ミラー 13" i n - i の反射面と単位ミラー 13" o u t - i の反射面とは、それら 2 つの放物面のそれぞれを焦点 F に関し互いに対称な部分を切り取ってできる。

- 5 このような単位ミラー 13" i n - i と単位ミラー 13" o u t - i とは、前記中心線が光軸 Z に平行となる姿勢で配置される。

単位ミラー 13" i n - i に入射した光束は、焦点 F において一旦集光し、その後、発散しつつ単位ミラー 13" o u t - i に入射する。

- 10 また、これらの単位ミラー 13" i n - 1, 13" i n - 2, . . . , 13" o u t - 1, 13" o u t - 2, . . . 反射面にも、それぞれ Mo 又は Ru の材料が使用される。但し、s p 偏光間の反射率の違いによる強度差が問題となるような場合には、反射面に Mo S i₂ の材料が用いられる。

- 15 なお、これら単位ミラー 13" i n - 1, 13" i n - 2, . . . , 13" o u t - 1, 13" o u t - 2 の反射面に対する入射光（ここでは、波長 50 nm 以下の E U V 光）の斜入射角度は、それぞれ全反射角度（ここでは 15° 以下、但し Mo S i₂ 使用の場合 10° 以下）である。

- 20 以上、本実施の形態の照明光学系においては、フライアイミラー 13" の入射端 13" i n 及び出射端 13" o u t の各反射面がそれぞれ放物面の形状をしているので、アッペの正弦条件を満たすことができ、それら反射面の外形を露光領域の正確な相似形（ここでは円弧フィールド）にすることができる。

その結果、E U V 光が必要な領域に無駄なく導光されるので、光量ロスがさらに抑えられる。

- 25 なお、本実施の形態のフライアイミラー 13" においては、単位ミラー 13" o u t - 1, 13" o u t - 2, . . . の配置位置が光束の集光位置からずれていないので、それら単位ミラー 13" o u t - 1, 13" o u t - 2, . . . の反射面のダメージは軽い。

[第 5 実施の形態]

図 13 に基づいて本発明の第 5 実施の形態について説明する。本実施の形態は上記各照明光学系に適用しうる別の光源部の実施の形態である。

図 1 3 は、本実施の形態の光源部 2 1、及びその周辺の概略構成を示す図である。

光源部 2 1 を含む照明光学系の周辺の空気は、真空チャンバー 2 1 e 及び排気管 2 1 f 及び真空ポンプ 2 1 g によって排気されている（なお、上記各実施の形態の各照明光学系も同様に排気されているが、説明を省略した。）。

本実施の形態の光源部 2 1 には、EUV 光を出射するレーザプラズマ光源が適用されている。

この光源部 2 1 には、レーザ光源 2 1 a、レーザ光源 2 1 a から出射されるレーザ光に対しプラズマを供給するプラズマ供給源 2 1 b、レーザ光及びプラズマが反応して発生した EUV 光を集光するコレクタミラー（図 1 では、楕円ミラー）2 1 c、及び真空チャンバー 2 1 d が備えられる。

なお、楕円ミラーであるコレクタミラー 2 1 c の反射面は、EUV 光の反射率を向上するための多層膜が設けられている。

真空チャンバー 2 1 d は、真空チャンバー 2 1 e の内部において、レーザ光源 2 1 a、プラズマ供給源 2 1 b、コレクタミラー 2 1 c を収容する。

真空チャンバー 2 1 d の側壁の一つは、コレクタミラー 2 1 c による EUV 光の集光点近傍で光軸を横切るよう配置されており、その側壁の集光点近傍には開口部が設けられている。その開口部には、ピンホール中心が光軸と一致したピンホール板 P が設けられる。よって、真空チャンバー 2 1 d の実質的な開口部は、そのピンホールとなる。

また、真空チャンバー 2 1 d 内の空気は、排気管 2 1 f 及び真空ポンプ 2 1 g によって排気される。

このため、真空チャンバー 2 1 d の内部の空気圧は、照明光学系の他の部分の空気圧と比較して低く保たれる。

ここで、一般に、EUV 光を発生する光源部 2 1 では、多量の飛散物が発生している。

しかし、本実施の形態においてこの飛散物は、上記したピンホール板 P の遮蔽部（ピンホール以外の部分）によって遮蔽される。

また、真空チャンバー 2 1 d の内部の空気圧は、他の部分の空気圧よりも低い。

したがって、飛散物は、ピンホール板 P のピンホールからコリメータミラー 1 2 の側へ向かうことなく、真空チャンバー 2 1 d に設けられた排気管 2 1 f 及び真空ポンプ 2 1 g を介して外部へ排気される。

したがって、本実施の形態の光源部 2 1 によれば、光源部 2 1 にて発生する飛散物がコリメータミラー 1 2 以降の光学系に与える影響は、除去される。

なお、ピンホール板 P と集光点との光軸方向の位置関係については、最も効率よく飛散物が除去されるよう実験などに基づいて選定されることが望ましい。

また、ピンホール板 P のピンホールは、完全な開口である必要はなく、EUV 光を透過することができるのであれば、ベリリウムなどからなる膜で被覆されていてもよい。

[第 6 実施の形態]

図 1 4、図 1 5 に基づいて本発明の第 6 実施の形態について説明する。本実施の形態は上記各照明光学系に適用しうる別の光源部の実施の形態である。ここでは、第 5 実施の形態の光源部との相違点についてのみ説明する。

図 1 4 は、本実施の形態の光源部 3 1、及びその周辺の概略構成を示す図である。

光源 3 1 を含む照明光学系の周辺の空気は、真空チャンバー 2 1 e 及び排気管 2 1 f 及び真空ポンプ 2 1 g によって排気されている（なお、上記各実施の形態の各照明光学系も同様に排気されているが、説明を省略した。）。

本実施の形態の光源部 3 1 には、EUV 光を出射する放電プラズマ光源が適用されている。

この光源部 3 1 には、放電プラズマ光源 3 1 a、放電プラズマ光源 3 1 a から出射された EUV 光（発散光である。）を集光するコレクタミラー 3 1 c、及び真空チャンバー 3 1 d が備えられる。

真空チャンバー 3 1 d は、真空チャンバー 2 1 e の内部において、放電プラズマ光源 3 1 a、コレクタミラー 3 1 c を収容する。

真空チャンバー 3 1 d にも、第 1 実施の形態の真空チャンバー 2 1 d と同様のピンホール板（集光点近傍にピンホールを配したピンホール板）P が設けられており、実質的な開口部は、そのピンホール板 P のピンホールである。

また、真空チャンバー 3 1 d 内の空気は、排気管 2 1 f 及び真空ポンプ 2 1 g によって排気される。

したがって、本実施の形態の光源部 3 1 によれば、第 5 実施の形態の光源部 2 1 と同様、コリメータミラー 1 2 以降の光学系に与えられる飛散物の影響が除去
5 される。

図 1 5 は、本実施の形態のコレクタミラー 3 1 c を説明する図（透視図）である。

図 1 5 に示すように、本実施の形態のコレクタミラー 3 1 c は、上述したコリメータミラー 1 2 （図 5 参照）やコリメータミラー 1 2' （図 6 参照）と同様、
10 各反射面に対する斜入射角度 θ がそれぞれ全反射角度に抑えられた複数の単位ミラーによって構成されている。

また、各単位ミラーの反射面の形状は、楕円ミラーの一部の反射面の形状や円錐の部分側面の形状など、コレクタミラーとして必要な所定形状、又はその近似形状とされる。

15 このようなコレクタミラー 3 1 c が使用された本実施の形態の光源部 3 1 によれば、EUV 光の光量ロスは少なく抑えられる。

なお、本実施の形態の光源部 3 1 におけるコレクタミラー 3 1 c と同様、第 5 実施の形態の光源部 2 1 のコレクタミラー 2 1 c を複数化（斜入射角度が全反射角度に抑えられた複数の単位ミラーで構成）してもよい。

20 また、第 5 実施の形態の光源部 2 1 におけるコレクタミラー 2 1 c と同様、本実施の形態の光源部 3 1 のコレクタミラー 3 1 c を楕円ミラーとしてもよい。

しかし、光源の出射光の発散角度などに鑑みると、レーザプラズマ光源には楕円ミラーが適しており、放電プラズマには複数化されたミラーが適していると考えられる。

25 [第 7 実施の形態]

図 1 6 に基づいて本発明の第 7 実施の形態について説明する。本実施の形態は上記各照明光学系に適用しうる別のフライアイミラーの実施の形態である。ここでは、上記各実施の形態のフライアイミラーとの相違点についてのみ説明する。

図 1 6 は、本実施の形態のフライアイミラー 3 3 の各単位ミラーの配置関係を

説明する図である。

フライアイミラー 33 の入射端 33 i n を構成する複数の単位ミラー 33 i n - 1, 33 i n - 2, ... は、入射光に垂直な方向 (X Y 方向) だけでなく、入射光の進行方向 (Z 方向) にも十分な距離ずつずらして配置されている。

- 5 同様に、フライアイミラー 33 の出射端 33 o u t を構成する複数の単位ミラー 33 o u t - 1, 33 o u t - 2, ... も、X Y 方向だけでなく Z 方向にも十分な距離ずつずらして配置される。

ここで、十分な距離とは、各単位ミラーにおける反射光の他の単位ミラーによるケラレ量が低減される (好ましくはケラレが無くなる) ような距離である。

- 10 つまり、本実施の形態のフライアイミラー 33 では、コリメータミラー 12 の側からフライアイミラー 33 の入射端 33 i n を見たときの、各単位ミラー 33 i n - 1, 33 i n - 2, ... の間の重なりは低減されており (好ましくは 0 となっており)、コンデンサミラー 14 の側からフライアイミラー 33 の出射端 33 o u t を見たときの、各単位ミラー 33 o u t - 1, 33 o u t - 2, ...
15 の間の重なりが低減されている (好ましくは 0 となっている)。

以上の本実施の形態のフライアイミラー 33 によれば、光量ロスが低減される。
[第 8 実施の形態]

図 17 に基づいて本発明の第 8 実施の形態について説明する。本実施の形態は投影露光装置の実施の形態である。

- 20 図 17 は、本実施の形態の投影露光装置の構成図である。

本実施の形態の投影露光装置は、露光ビームとして E U V 光 (例えば波長 50 nm 以下の E U V 光) を用いて、ステップ・アンド・スキャン方式により走査露光動作を行う縮小投影型の投影露光装置である。

- 25 投影露光装置には、投影光学系 200 及び照明光学系 100 が搭載される。照明光学系 100 は、上述した各実施の形態の何れかの照明光学系である。

照明光学系 100 は、投影光学系 200 の物体面に配置されたレチクル 102 の表面 (レチクル面) R を照明する。

投影光学系 200 は、レチクル面 R における反射光束の主光線を、像面側に配置されるウエハ 10 上に実質的に垂直に投射する。

投影光学系 200 は、物体面側が非テレセントリックで、且つ像面側がテレセントリックであるとともに、複数枚（例えば 2～8 枚程度であり、図 17 では 4 枚）の反射ミラー 106, 107, 108, 109 からなる反射系（投影倍率は $1/4$ 、 $1/5$ 、 $1/6$ など）である。

- 5 投影露光装置には、その他、レチクル 102 を保持するレチクルステージ 103、ウエハ 10 を保持するウエハステージ 110 等が備えられる。

第 1 実施の形態で説明したとおり、照明光学系 100 によれば、レチクル 102 は、必要な領域のみが十分な光量の EUV 光により均一に照明される。

- したがって、たとえ投影光学系 200 が従来と同じ構成であったとしても、投影露光装置は高性能化される。

〔第 1 実施例〕

図 18、図 19、図 20、表 1、表 2、表 3、表 4、表 5、表 6、表 7、表 8 に基づいて本発明の第 1 実施例について説明する。

- 本実施例は、第 1 実施の形態（コリメータミラー 12' 使用）に対応した実施例である。

図 18 は、本実施例のコリメータミラー 12' の構成を示す断面図であり、表 1、表 2、表 3、表 4 は、コリメータミラー 12' のデータである。表中の数値の単位は、特に指定が無い限り [mm] である（他の各表も同様）。

- 図 18 に示すように、本実施例のコリメータミラー 12' は、径の大きい方から順に、単位ミラー 12-1（円錐 1），12-2（円錐 2），・・・，12-17（円錐 17）の合計 17 の単位ミラーからなる。

また、円錐 1，円錐 2，・・・，円錐 17 はそれぞれ、入射側から射出側へ第 1 ブロック、第 2 ブロック、第 3 ブロック、第 4 ブロックの合計 4 つのブロックに複数化されている。

- 25 表 1、表 2、表 3、表 4 には、各円錐の各ブロックのデータを、ブロック毎に示した。表 1 は第 1 ブロックの各円錐のデータ、表 2 は第 2 ブロックの各円錐のデータ、表 3 は第 3 ブロックの各円錐のデータ、表 4 は第 4 ブロックの各円錐のデータである。

なお、各表では、各ブロックの各円錐の形状を、2 点の座標（Z1, Radius1），

(Z 2, Radius 2) で示した。

2 点の座標 (Z 1, Radius 1), (Z 2, Radius 2) は、図 1 8 中円枠内に示すように、光軸 Z を含む平面 (YZ 平面) で円錐を切断してできる断面の両端の座標である。

- 5 なお、各表中、各円錐の「規格化径高」とは、各円錐の半径（光軸 Z に垂直な方向の高さ）を、同一ブロック内で最も開き角（光軸と円錐が成す角）の大きいものを 1 とし、角円錐の開き角をこの最大開き角で割った値である。

【表 1】

第1ブロック

円錐1	規格化径高 1
Z 1	53.7737
Radius 1	52.7087
Z 2	63.7737
Radius 2	60.7701

円錐2	規格化径高 0.95
Z 1	53.7737
Radius 1	50.1836
Z 2	63.7737
Radius 2	57.6999

円錐3	規格化径高 0.9
Z 1	53.7737
Radius 1	47.6355
Z 2	63.7737
Radius 2	54.634

円錐4	規格化径高 0.85
Z 1	53.7737
Radius 1	45.0676
Z 2	63.7737
Radius 2	51.5723

円錐5	規格化径高 0.8
Z 1	53.7737
Radius 1	42.4826
Z 2	63.7737
Radius 2	48.5147

円錐6	規格化径高 0.75
Z 1	53.7737
Radius 1	39.8827
Z 2	63.7737
Radius 2	45.4612

円錐7	規格化径高 0.7
Z 1	53.7737
Radius 1	37.2698
Z 2	63.7737
Radius 2	42.4116

円錐8	規格化径高 0.65
Z 1	53.7737
Radius 1	34.6456
Z 2	63.7737
Radius 2	39.3657

円錐9	規格化径高 0.6
Z 1	53.7737
Radius 1	32.00117
Z 2	63.7737
Radius 2	36.3233

円錐10	規格化径高 0.55
Z 1	53.7737
Radius 1	29.3692
Z 2	63.7737
Radius 2	33.2843

円錐11	規格化径高 0.5
Z 1	53.7737
Radius 1	26.7195
Z 2	63.7737
Radius 2	30.2483

円錐12	規格化径高 0.45
Z 1	53.7737
Radius 1	24.0635
Z 2	63.7737
Radius 2	27.2151

円錐13	規格化径高 0.4
Z 1	53.7737
Radius 1	21.402
Z 2	63.7737
Radius 2	24.1846

円錐14	規格化径高 0.35
Z 1	53.7737
Radius 1	18.736
Z 2	63.7737
Radius 2	21.1563

円錐15	規格化径高 0.3
Z 1	53.7737
Radius 1	16.00661
Z 2	63.7737
Radius 2	18.1301

円錐16	規格化径高 0.2
Z 1	53.7737
Radius 1	10.7174
Z 2	63.7737
Radius 2	12.0828

円錐17	規格化径高 0.1
Z 1	53.7737
Radius 1	5.36067
Z 2	63.7737
Radius 2	6.04019

【表 2】

第2ブロック

円錐1	規格化径高 1
Z 1	63.7737
Radius 1	60.7701
Z 2	73.7737
Radius 2	66.0351

円錐2	規格化径高 0.95
Z 1	63.7737
Radius 1	57.6999
Z 2	73.7737
Radius 2	62.6593

円錐3	規格化径高 0.9
Z 1	63.7737
Radius 1	54.634
Z 2	73.7737
Radius 2	59.295

円錐4	規格化径高 0.85
Z 1	63.7737
Radius 1	51.5723
Z 2	73.7737
Radius 2	55.9416

円錐5	規格化径高 0.8
Z 1	63.7737
Radius 1	48.5147
Z 2	73.7737
Radius 2	52.5984

円錐6	規格化径高 0.75
Z 1	63.7737
Radius 1	45.4612
Z 2	73.7737
Radius 2	49.2649

円錐7	規格化径高 0.7
Z 1	63.7737
Radius 1	42.4116
Z 2	73.7737
Radius 2	45.9404

円錐8	規格化径高 0.65
Z 1	63.7737
Radius 1	39.3657
Z 2	73.7737
Radius 2	42.6243

円錐9	規格化径高 0.6
Z 1	63.7737
Radius 1	36.3233
Z 2	73.7737
Radius 2	39.3159

円錐10	規格化径高 0.55
Z 1	63.7737
Radius 1	33.2843
Z 2	73.7737
Radius 2	36.0147

円錐11	規格化径高 0.5
Z 1	63.7737
Radius 1	30.2483
Z 2	73.7737
Radius 2	32.72

円錐12	規格化径高 0.45
Z 1	63.7737
Radius 1	27.2151
Z 2	73.7737
Radius 2	29.4312

円錐13	規格化径高 0.4
Z 1	63.7737
Radius 1	24.1846
Z 2	73.7737
Radius 2	26.1477

円錐14	規格化径高 0.35
Z 1	63.7737
Radius 1	21.1563
Z 2	73.7737
Radius 2	22.869

円錐15	規格化径高 0.3
Z 1	63.7737
Radius 1	18.1301
Z 2	73.7737
Radius 2	19.5943

円錐16	規格化径高 0.2
Z 1	63.7737
Radius 1	12.0828
Z 2	73.7737
Radius 2	13.0551

円錐17	規格化径高 0.1
Z 1	63.7737
Radius 1	6.04019
Z 2	73.7737
Radius 2	6.52519

【表 3】

第3ブロック

円錐1	規格化径高 1
Z 1	73.7737
Radius 1	66.0351
Z 2	83.7737
Radius 2	69.0277

円錐2	規格化径高 0.95
Z 1	73.7737
Radius 1	62.6593
Z 2	83.7737
Radius 2	65.4941

円錐3	規格化径高 0.9
Z 1	73.7737
Radius 1	59.295
Z 2	83.7737
Radius 2	61.9734

円錐4	規格化径高 0.85
Z 1	73.7737
Radius 1	55.9416
Z 2	83.7737
Radius 2	58.4647

円錐5	規格化径高 0.8
Z 1	73.7737
Radius 1	52.5984
Z 2	83.7737
Radius 2	54.9675

円錐6	規格化径高 0.75
Z 1	73.7737
Radius 1	49.2649
Z 2	83.7737
Radius 2	51.481

円錐7	規格化径高 0.7
Z 1	73.7737
Radius 1	45.9404
Z 2	83.7737
Radius 2	48.0044

円錐8	規格化径高 0.65
Z 1	73.7737
Radius 1	42.6243
Z 2	83.7737
Radius 2	44.5371

円錐9	規格化径高 0.6
Z 1	73.7737
Radius 1	39.3159
Z 2	83.7737
Radius 2	41.0785

円錐10	規格化径高 0.55
Z 1	73.7737
Radius 1	36.0147
Z 2	83.7737
Radius 2	37.6277

円錐11	規格化径高 0.5
Z 1	73.7737
Radius 1	32.72
Z 2	83.7737
Radius 2	34.1842

円錐12	規格化径高 0.45
Z 1	73.7737
Radius 1	29.4312
Z 2	83.7737
Radius 2	30.7472

円錐13	規格化径高 0.4
Z 1	73.7737
Radius 1	26.1477
Z 2	83.7737
Radius 2	27.3161

円錐14	規格化径高 0.35
Z 1	73.7737
Radius 1	22.869
Z 2	83.7737
Radius 2	23.8902

円錐15	規格化径高 0.3
Z 1	73.7737
Radius 1	19.5943
Z 2	83.7737
Radius 2	20.4689

円錐16	規格化径高 0.2
Z 1	73.7737
Radius 1	13.0551
Z 2	83.7737
Radius 2	13.6373

円錐17	規格化径高 0.1
Z 1	73.7737
Radius 1	6.5256
Z 2	83.7737
Radius 2	6.81604

【表 4】

第4ブロック

円錐1	規格化径高 1
Z 1	83.7737
Radius 1	69.0277
Z 2	93.7737
Radius 2	70

円錐2	規格化径高 0.95
Z 1	83.7737
Radius 1	65.4941
Z 2	93.7737
Radius 2	66.4175

円錐3	規格化径高 0.9
Z 1	83.7737
Radius 1	61.9734
Z 2	93.7737
Radius 2	62.8479

円錐4	規格化径高 0.85
Z 1	83.7737
Radius 1	58.4647
Z 2	93.7737
Radius 2	59.2905

円錐5	規格化径高 0.8
Z 1	83.7737
Radius 1	54.9675
Z 2	93.7737
Radius 2	55.7444

円錐6	規格化径高 0.75
Z 1	83.7737
Radius 1	51.481
Z 2	93.7737
Radius 2	52.2092

円錐7	規格化径高 0.7
Z 1	83.7737
Radius 1	48.0044
Z 2	93.7737
Radius 2	48.6839

円錐8	規格化径高 0.65
Z 1	83.7737
Radius 1	44.5371
Z 2	93.7737
Radius 2	45.168

円錐9	規格化径高 0.6
Z 1	83.7737
Radius 1	41.0785
Z 2	93.7737
Radius 2	41.6607

円錐10	規格化径高 0.55
Z 1	83.7737
Radius 1	37.6277
Z 2	93.7737
Radius 2	38.1613

円錐11	規格化径高 0.5
Z 1	83.7737
Radius 1	34.1842
Z 2	93.7737
Radius 2	34.6692

円錐12	規格化径高 0.45
Z 1	83.7737
Radius 1	30.7472
Z 2	93.7737
Radius 2	31.1836

円錐13	規格化径高 0.4
Z 1	83.7737
Radius 1	27.3161
Z 2	93.7737
Radius 2	27.704

円錐14	規格化径高 0.35
Z 1	83.7737
Radius 1	23.8902
Z 2	93.7737
Radius 2	24.2296

円錐15	規格化径高 0.3
Z 1	83.7737
Radius 1	20.4699
Z 2	93.7737
Radius 2	20.7597

円錐16	規格化径高 0.2
Z 1	83.7737
Radius 1	13.6373
Z 2	93.7737
Radius 2	13.8311

円錐17	規格化径高 0.1
Z 1	83.7737
Radius 1	6.81604
Z 2	93.7737
Radius 2	6.91297

図19は、本実施例のフライアイミラー13の構成を示す光路図である。

図19に示すように、フライアイミラー13の入射端13inは、10個の単位ミラー13in-1, 13in-2, ..., 13in-10をY方向に3mmずつずらして配置している。

また、フライアイミラー13の出射端13outは、10個の単位ミラー13out-1, 13out-2, ..., 13out-10をY方向に3mmずつずらして配置している。

表5は、フライアイミラー13のデータである。

10 【表5】

曲率半径	空気厚	材質	コニック定数	面の種類:注釈
	295			(コリメーター)
-5	0	MIRROR	-1	放物面:フライアイ入射端
Infinity	100	MIRROR		平面:フライアイ出射端

因みに、上述したコリメータミラー12の出射端の径が140mmであることから（表1～表4参照）、本実施例のフライアイミラー13の入射端13inには、Y方向に最大で43枚程度、X方向に最大で13枚、単位ミラーを配置する
15 ことができる。

また、後述するコンデンサミラー14の光学的特性に適合させるために、フライアイミラー13の出射端13outに配置された単位ミラー13out-1, 13out-2, ..., 13out-10において、後述するコンデンサミラー14のA点、B点、C点、D点に対応する各領域（A点、B点、C点、D点）
20 には、それぞれ表6に示す角度だけ傾斜が設けられる。

【表6】

A点	-8.88
B点	-7.98
C点	-7.08
D点	-4.08

図20は、本実施例のコンデンサミラー14の構成を示す光路図である。

コンデンサミラー 14 は、フライアイミラー 13 の側から順に、単位ミラー 14-1, 14-2, 14-3 の合計 3 つの単位ミラーを配置している。

表 7 は、コンデンサミラー 14 のデータである。

5 なお、表 7 において、光線追跡の方向（面の順序）は実際の光の進行方向とは反対（レチクル面 R からフライアイミラー 13 の方向、単位ミラー 14-3, 14-2, 14-1 の順）になっている。また、単位ミラー 14-1, 14-2, 14-3 の各反射面は、光軸に対し 15° ずつ傾斜している。

【表 7】

面番号	曲率半径	空気厚	材質	コニック定数
レチクル	Infinity	500		
1	-3782.2	600	MIRROR	9.214224
2	-381860	520	MIRROR	-1.74891800E+07
3	-3665.01	-547.065	MIRROR	-5.311539
フライアイ端面	Infinity			

10 また、単位ミラー 14-1, 14-2, 14-3 の反射面は、それぞれトロイダル非球面からなる。

表 8 は、各反射面のトロイダル非球面係数である。なお、トロイダル非球面の定義式は、式（1）で表される。式（1）の Z は、光軸方向の非球面の S a g 量である。

15 【数 1】

$$Z = \frac{cy^2}{1 + \sqrt{1 - (1 + \kappa) c^2 y^2}} + \alpha_1 y^2 + \alpha_2 y^4 + \alpha_3 y^6 + \alpha_4 y^8 + \alpha_5 y^{10} + \alpha_6 y^{12} + \alpha_7 y^{14}$$

【表 8】

第1面のトロイダル非球面係数

X軸方向曲率半径	-2139.1737
2次の係数	-5.484402E-05
4次の係数	2.891763E-10
6次の係数	-1.005201E-14
8次の係数	1.713825E-19
10次の係数	-1.374206E-24
12次の係数	3.799787E-30
14次の係数	0

第2面のトロイダル非球面係数

X軸方向曲率半径	984.90545
2次の係数	0.000302576
4次の係数	-9.195755E-10
6次の係数	1.175449E-14
8次の係数	0
10次の係数	0
12次の係数	0
14次の係数	0

第3面のトロイダル非球面係数

X軸方向曲率半径	-1063.6583
2次の係数	0.00010288
4次の係数	-1.424363E-09
6次の係数	2.673209E-15
8次の係数	0
10次の係数	0
12次の係数	0
14次の係数	0

〔第2実施例〕

図21、表9、表10、表11、表12、表13、表14、表15に基づいて
5 本発明の第2実施例について説明する。

本実施例は、第2実施の形態に対応した実施例である。

ここでは、第1実施例との相違点についてのみ説明する。相違点は、コリメータミラー12に代えてコリメータ12”が適用された点にある。

図21は、本実施例のコリメータミラー12”の各反射面の位置関係を示す図
10 であり、表9、表10、表11、表12、表13、表14、表15は、コリメータミラー12”のデータである。

図 2 1 に示すように、本実施例のコリメータミラー 1 2” は、第 2 実施の形態で述べた単位ミラー 1 2 A を最外周に配置している。

表 9 は、単位ミラー 1 2 A のデータである。

5 なお、表において「 $Z=0$ 」は、単位ミラー 1 2 A の入射側の端部の光軸 Z 方向の位置を示す。また、「光線の遮蔽角」とは、反射面上の各位置の接線とその位置に入射する光線とのなす角度の最大値である。また、「全長」は、光軸 Z の方向の長さである。

【表 9】

放物面の数値実施例

原点 ($z=0$) における開口の大きさ	18.5
光線の遮蔽角 (deg)	5
全長	100

10 また、コリメータミラー 1 2” には、単位ミラー 1 2 A の内部に、径の大きい方から順に、単位ミラー 1 2-1 (円錐 1), 1 2-2 (円錐 2), ..., 1 2-1 2 (円錐 1 2) の合計 1 2 の単位ミラーが備えられる。

15 また、円錐 1, 円錐 2, ..., 円錐 1 2 はそれぞれ、入射側から射出側へ第 1 ブロック、第 2 ブロック、第 3 ブロック、第 4 ブロック、第 5 ブロック、第 6 ブロックの合計 6 つのブロックに複数化されている。

20 表 1 0、表 1 1、表 1 2、表 1 3、表 1 4、表 1 5 には、各円錐の各ブロックのデータを、ブロック毎に示した。表 1 0 は第 1 ブロックの各円錐のデータ、表 1 1 は第 2 ブロックの各円錐のデータ、表 1 2 は第 3 ブロックの各円錐のデータ、表 1 3 は第 4 ブロックの各円錐のデータ、表 1 4 は第 5 ブロックの各円錐のデータ、表 1 5 は第 6 ブロックの各円錐のデータである。

なお、各表の表記方法については、表 1、表 2、表 3、表 4 に適用したものと同一である。

【表 10】

第1ブロック

円錐1	規格化径高0.75
Z 1	18.36328
Radius 1	15.3488
Z 2	38.36328
Radius 2	27.1502

円錐7	規格化径高0.45
Z 1	18.36328
Radius 1	9.99134
Z 2	38.36328
Radius 2	16.6158

円錐2	規格化径高0.7
Z 1	18.36328
Radius 1	14.5838
Z 2	38.36328
Radius 2	25.4463

円錐8	規格化径高0.4
Z 1	18.36328
Radius 1	8.95741
Z 2	38.36328
Radius 2	14.802

円錐3	規格化径高0.65
Z 1	18.36328
Radius 1	13.7596
Z 2	38.36328
Radius 2	23.7186

円錐9	規格化径高0.35
Z 1	18.36328
Radius 1	7.89576
Z 2	38.36328
Radius 2	12.9765

円錐4	規格化径高0.6
Z 1	18.36328
Radius 1	12.8826
Z 2	38.36328
Radius 2	21.9696

円錐10	規格化径高0.3
Z 1	18.36328
Radius 1	6.81037
Z 2	38.36328
Radius 2	11.1409

円錐5	規格化径高0.55
Z 1	18.36328
Radius 1	11.9587
Z 2	38.36328
Radius 2	20.2015

円錐11	規格化径高0.2
Z 1	18.36328
Radius 1	6.19076
Z 2	38.36328
Radius 2	10.6703

円錐6	規格化径高0.5
Z 1	18.36328
Radius 1	10.9933
Z 2	38.36328
Radius 2	18.4163

円錐12	規格化径高0.1
Z 1	18.36328
Radius 1	5.545566
Z 2	38.36328
Radius 2	10.1748

【表 1 1】

第2ブロック

円錐1	規格化径高0.75
Z 1	38.36328
Radius 1	27.1502
Z 2	58.36328
Radius 2	36.4722

円錐7	規格化径高0.45
Z 1	38.36328
Radius 1	16.6158
Z 2	58.36328
Radius 2	21.9726

円錐2	規格化径高0.7
Z 1	38.36328
Radius 1	25.4463
Z 2	58.36328
Radius 2	34.0696

円錐8	規格化径高0.4
Z 1	38.36328
Radius 1	14.802
Z 2	58.36328
Radius 2	19.5402

円錐3	規格化径高0.65
Z 1	38.36328
Radius 1	23.7186
Z 2	58.36328
Radius 2	31.6607

円錐9	規格化径高0.35
Z 1	38.36328
Radius 1	12.9765
Z 2	58.36328
Radius 2	17.1045

円錐4	規格化径高0.6
Z 1	38.36328
Radius 1	21.9696
Z 2	58.36328
Radius 2	29.2459

円錐10	規格化径高0.3
Z 1	38.36328
Radius 1	11.1409
Z 2	58.36328
Radius 2	14.666

円錐5	規格化径高0.55
Z 1	38.36328
Radius 1	20.2015
Z 2	58.36328
Radius 2	26.826

円錐11	規格化径高0.2
Z 1	38.36328
Radius 1	10.6703
Z 2	58.36328
Radius 2	13.0071

円錐6	規格化径高0.5
Z 1	38.36328
Radius 1	18.4163
Z 2	58.36328
Radius 2	24.4014

円錐12	規格化径高0.1
Z 1	38.36328
Radius 1	10.1748
Z 2	58.36328
Radius 2	11.3392

【表 1 2】

第3ブロック

円錐1	規格化径高0.75
Z 1	58.36328
Radius 1	36.4722
Z 2	78.36328
Radius 2	43.5297

円錐7	規格化径高0.45
Z 1	58.36328
Radius 1	21.9726
Z 2	78.36328
Radius 2	26.1006

円錐2	規格化径高0.7
Z 1	58.36328
Radius 1	34.0696
Z 2	78.36328
Radius 2	40.6225

円錐8	規格化径高0.4
Z 1	58.36328
Radius 1	19.5402
Z 2	78.36328
Radius 2	23.1987

円錐3	規格化径高0.65
Z 1	58.36328
Radius 1	31.6607
Z 2	78.36328
Radius 2	37.7163

円錐9	規格化径高0.35
Z 1	58.36328
Radius 1	17.1045
Z 2	78.36328
Radius 2	20.2974

円錐4	規格化径高0.6
Z 1	58.36328
Radius 1	29.2459
Z 2	78.36328
Radius 2	34.811

円錐10	規格化径高0.3
Z 1	58.36328
Radius 1	14.666
Z 2	78.36328
Radius 2	17.3967

円錐5	規格化径高0.55
Z 1	58.36328
Radius 1	26.826
Z 2	78.36328
Radius 2	31.9067

円錐11	規格化径高0.2
Z 1	58.36328
Radius 1	13.0071
Z 2	78.36328
Radius 2	14.8213

円錐6	規格化径高0.5
Z 1	58.36328
Radius 1	24.4014
Z 2	78.36328
Radius 2	29.0033

円錐12	規格化径高0.1
Z 1	58.36328
Radius 1	11.3392
Z 2	78.36328
Radius 2	12.2444

【表 1 3】

第4ブロック

円錐1	規格化径高0.75
Z 1	78.36328
Radius 1	43.5297
Z 2	98.36328
Radius 2	48.4731

円錐2	規格化径高0.7
Z 1	78.36328
Radius 1	40.6225
Z 2	98.36328
Radius 2	45.2244

円錐3	規格化径高0.65
Z 1	78.36328
Radius 1	37.7163
Z 2	98.36328
Radius 2	41.9792

円錐4	規格化径高0.6
Z 1	78.36328
Radius 1	34.811
Z 2	98.36328
Radius 2	38.7373

円錐5	規格化径高0.55
Z 1	78.36328
Radius 1	31.9067
Z 2	98.36328
Radius 2	35.4985

円錐6	規格化径高0.5
Z 1	78.36328
Radius 1	29.0033
Z 2	98.36328
Radius 2	32.2625

円錐7	規格化径高0.45
Z 1	78.36328
Radius 1	26.1006
Z 2	98.36328
Radius 2	29.029

円錐8	規格化径高0.4
Z 1	78.36328
Radius 1	23.1987
Z 2	98.36328
Radius 2	25.7978

円錐9	規格化径高0.35
Z 1	78.36328
Radius 1	20.2974
Z 2	98.36328
Radius 2	22.5687

円錐10	規格化径高0.3
Z 1	78.36328
Radius 1	17.3967
Z 2	98.36328
Radius 2	19.3413

円錐11	規格化径高0.2
Z 1	78.36328
Radius 1	14.8213
Z 2	98.36328
Radius 2	16.1154

円錐12	規格化径高0.1
Z 1	78.36328
Radius 1	12.2444
Z 2	98.36328
Radius 2	12.8908

【表 1 4】

第5ブロック

円錐1	規格化径高0.75
Z 1	98.36328
Radius 1	48.4731
Z 2	118.36328
Radius 2	51.4015

円錐2	規格化径高0.7
Z 1	98.36328
Radius 1	45.2244
Z 2	118.36328
Radius 2	47.955

円錐3	規格化径高0.65
Z 1	98.36328
Radius 1	41.9792
Z 2	118.36328
Radius 2	44.5126

円錐4	規格化径高0.6
Z 1	98.36328
Radius 1	38.7373
Z 2	118.36328
Radius 2	41.0741

円錐5	規格化径高0.55
Z 1	98.36328
Radius 1	35.4985
Z 2	118.36328
Radius 2	37.639

円錐6	規格化径高0.5
Z 1	98.36328
Radius 1	32.2625
Z 2	118.36328
Radius 2	34.2071

円錐7	規格化径高0.45
Z 1	98.36328
Radius 1	29.029
Z 2	118.36328
Radius 2	30.7781

円錐8	規格化径高0.4
Z 1	98.36328
Radius 1	25.7978
Z 2	118.36328
Radius 2	27.3517

円錐9	規格化径高0.35
Z 1	98.36328
Radius 1	22.5687
Z 2	118.36328
Radius 2	23.9277

円錐10	規格化径高0.3
Z 1	98.36328
Radius 1	19.3413
Z 2	118.36328
Radius 2	20.5057

円錐11	規格化径高0.2
Z 1	98.36328
Radius 1	16.1154
Z 2	118.36328
Radius 2	17.0854

円錐12	規格化径高0.1
Z 1	98.36328
Radius 1	12.8908
Z 2	118.36328
Radius 2	13.6666

【表 1 5】

第6ブロック

円錐1	規格化径高0.75
Z 1	118.36328
Radius 1	51.4015
Z 2	138.36328
Radius 2	52.3715

円錐7	規格化径高0.45
Z 1	118.36328
Radius 1	30.7781
Z 2	138.36328
Radius 2	31.3598

円錐2	規格化径高0.7
Z 1	118.36328
Radius 1	47.955
Z 2	138.36328
Radius 2	48.8603

円錐8	規格化径高0.4
Z 1	118.36328
Radius 1	27.3517
Z 2	138.36328
Radius 2	27.8688

円錐3	規格化径高0.65
Z 1	118.36328
Radius 1	44.5126
Z 2	138.36328
Radius 2	45.3532

円錐9	規格化径高0.35
Z 1	118.36328
Radius 1	23.9277
Z 2	138.36328
Radius 2	24.3801

円錐4	規格化径高0.6
Z 1	118.36328
Radius 1	41.0741
Z 2	138.36328
Radius 2	41.8498

円錐10	規格化径高0.3
Z 1	118.36328
Radius 1	20.5057
Z 2	138.36328
Radius 2	20.8934

円錐5	規格化径高0.55
Z 1	118.36328
Radius 1	37.639
Z 2	138.36328
Radius 2	38.35

円錐11	規格化径高0.2
Z 1	118.36328
Radius 1	17.0854
Z 2	138.36328
Radius 2	17.4085

円錐6	規格化径高0.5
Z 1	118.36328
Radius 1	34.2071
Z 2	138.36328
Radius 2	34.8535

円錐12	規格化径高0.1
Z 1	118.36328
Radius 1	13.6666
Z 2	138.36328
Radius 2	13.9251

因みに、以上説明した本実施例のコリメータミラー 12” によると、「規格化径高」1～0.75に相当する角度範囲で入射する光線については部分放物面の反射面（単位ミラー 12A）によって反射され、「規格化径高」0.75以下に相当する角度範囲で入射する光線については、円錐の部分側面の形状をした反射面（単位ミラー 12-1, 12-2, ...）によって反射される。

[第3実施例]

図 22 に基づいて本発明の第3実施例について説明する。

本実施例は、第3実施の形態に対応した実施例である。

ここでは、第1実施例又は第2実施例との相違点についてのみ説明する。相違点は、フライアイミラー 13 に代えてフライアイミラー 13' が適用される点にある。

図 22 は、本実施例のフライアイミラー 13' の入射端 13' in に配置された単位ミラー 13' in-1, 13' in-2, ... の反射面の形状を説明する図である。

単位ミラー 13' in-1, 13' in-2, ... の反射面の形状は、それぞれ第3実施の形態で述べたとおりのウォルター I 型である。このウォルター I 型の形状の各部の寸法は、以下のとおりである。

- ・ 反射面として切り取った部分の放物面又は双曲面の直径 = 2000 mm
- ・ 焦点 F2 又は F1 とそれに近接する方の双曲面の頂点との間隔 = 50 mm
- ・ 焦点 F1 と放物面の頂点との間隔 = 50 mm

なお、図 22 の実施例に示すフライアイミラーの射出端 13' out に配置された単位ミラー 13' out-1, 13' out-2, ... の反射面の形状は平面であるが、これに限ることなく、凹面形状やその他の形状としても良いことは言うまでもない。

25 [第4実施例]

図 23 に基づいて本発明の第4実施例について説明する。

本実施例は、第4実施の形態に対応した実施例である。

ここでは、第1実施例、第2実施例、第3実施例との相違点についてのみ説明する。相違点は、フライアイミラー 13（又は 13'）に代えてフライアイミラ

ー 1 3” が適用される点にある。

図 2 3 は、本実施例のフライアイミラー 1 3” の入射端 1 3” i n 及び出射端 1 3” o u t に配置された単位ミラー 1 3” i n - 1, 1 3” i n - 2, . . . , 1 3” o u t - 1, 1 3” o u t - 2, . . . の反射面の形状を説明する図である。

単位ミラー 1 3” i n - 1, 1 3” i n - 2, . . . , 1 3” o u t - 1, 1 3” o u t - 2, . . . の反射面の形状は、それぞれ第 4 実施の形態で述べたとおり部分放物面である。部分放物面の各部の寸法は、以下のとおりである。

・ 反射面として切り取った部分の放物面の直径 = 2 0 0 0 m m

10 ・ 放物面の頂点と焦点 F との間隔 = 5 0 m m

[第 5 実施例]

図 2 4, 図 2 5 に基づいて本発明の第 5 実施例について説明する。

本実施例は、第 7 実施の形態に対応するフライアイミラー 3 3、及びそれに適応するコンデンサミラー 1 4 の実施例である。

15 図 2 4 は、本実施例のフライアイミラー 3 3 の光路図である。

表 1 6、表 1 7 は、フライアイミラー 3 3 のデータである。なお、表 1 7 には、中央の単位ミラー対 (3 3 i n - 2, 3 3 o u t - 2) を基準とした、上部の単位ミラー対 (3 3 i n - 1, 3 3 o u t - 1) のシフト量 (ずれ量)、下部の単位ミラー対 (3 3 i n - 3, 3 3 o u t - 3) のシフト量 (ずれ量) を示した。

20 ここで、Z 軸、Y 軸は、それぞれフライアイミラー 3 3 に入射する光の進行方向、及び Z 軸に垂直な方向である。

【表 1 6】

曲率半径	空気厚	材質	コニック定数	面の種類: 注釈
	1150			(コリメーター端面から)
-50	0	MIRROR	-1	放物面: フライアイミラー入射端
50	1000	MIRROR	-1	放物面: フライアイミラー出射端

【表 1 7】

単位ミラー33in-1, 33out-1のシフト量

Y軸方向	30
Z軸方向	-190

単位ミラー33in-3, 33out-3のシフト量

Y軸方向	-30
Z軸方向	190

図 2 5 は、本実施例のコンデンサミラー 1 4 の構成を示す光路図である。

表 1 8 は、コンデンサミラー 1 4 のデータである。

- 5 なお、表 1 8 において、光線追跡の方向（面の順序）は実際の光の進行方向とは反対（レチクル面 R からフライアイミラー 3 3 の方向、単位ミラー 1 4 - 3 , 1 4 - 2 , 1 4 - 1 の順）になっている。

また、単位ミラー 1 4 - 1 , 1 4 - 2 , 1 4 - 3 の各反射面は、光軸に対し 1 4 ° ずつ傾斜している。

- 10 また、レチクル面 R への入射光は面の法線に対して各像高の主光線が 6 ° の角度をなす。

また、フライアイミラー 3 3 の出射端 3 3 o u t 側における二次光源群の形成面は、光軸と 2 0 ° の角度をなす。

【表 1 8】

面番号	曲率半径	空気厚	材質	コニック定数	面の種類:注釈
レチクル		500			
1	-9625.855	-600	MIRROR	100	トロイダル面
2	-9625.855	650	MIRROR	-6.286834	トロイダル面
3	50	-558.135	MIRROR	-2188.19	トロイダル面
フライアイ端面					

15

また、単位ミラー 1 4 - 1 , 1 4 - 2 , 1 4 - 3 の反射面は、それぞれトロイダル非球面からなる。

表 1 9 は、各反射面のトロイダル非球面係数である。なお、トロイダル非球面の定義式は、式（1）で表される。

20

【表 19】

第1面のトロイダル非球面係数

X軸方向の曲率半径	-2059.34610
2次の係数	1.15741E-05
4次の係数	5.74508E-12
6次の係数	-1.06104E-16
8次の係数	6.31660E-21
10次の係数	7.02925E-25
12次の係数	-5.91609E-30
14次の係数	-8.20673E-35

第2面のトロイダル非球面係数

X軸方向の曲率半径	864.97538
2次の係数	-1.44750E-04
4次の係数	2.29085E-10
6次の係数	6.97366E-17
8次の係数	-3.34013E-22
10次の係数	-1.05660E-26
12次の係数	-5.78815E-32
14次の係数	-2.71867E-37

第3面のトロイダル非球面係数

X軸方向の曲率半径	infinity
2次の係数	1.64410E-07
4次の係数	-5.26759E-14
6次の係数	-1.96611E-20
8次の係数	0.00000
10次の係数	0.00000
12次の係数	0.00000
14次の係数	-2.71867E-37

以上の各実施の形態及び各実施例においては、照明光学系の結像に寄与する全ての光学部材を全反射させる反射部材で構成するということに着目して、照明光学系の照明効率を格段に向上させることを可能としているが、以下にて、高照明効率と均一照明とを両立させ得る反射型オプティカルインテグレータとしてのフライアイミラー（13, 13', 13'', 33）について簡単に説明する。

以上の各実施の形態及び各実施例における反射型オプティカルインテグレータとしてのフライアイミラー（13, 13', 13'', 33）は、入射側に配置されて多数の単位ミラー（第1の反射素子）を持つ第1のアレイ状ミラー（13 i

n, 13' in, 13" in, 33 in) と、射出側に配置されて多数の単位ミラー（第2の反射素子）を持つ第2のアレイ状ミラー（13 out, 13' out, 13" out, 33 out）とを有している。このため、このフライアイミラーに入射する光は各アレイ状ミラーの多数の単位ミラーにて多数の光に波面分割され、この波面分割された光はレチクル（マスク）やウエハ（感光性基板）に形成される照明領域を重畳的に照明するため、レチクル（マスク）やウエハ（感光性基板）はフライアイミラー（13, 13', 13", 33）の作用によって均一に照明される。

また、以上の各実施の形態及び各実施例における反射型オプティカルインテグレートとしてのフライアイミラー（13, 13', 13", 33）を構成する第1のアレイ状ミラー（13 in, 13' in, 13" in, 33 in）及び第2のアレイ状ミラー（13 out, 13' out, 13" out, 33 out）は、メリジオナル方向及びサジタル方向において所定の光学パワーを有する多数の単位ミラー（第1の反射素子及び第2の反射素子）を有している。このため、フライアイミラー（13, 13', 13", 33）に入射する光は波面分割されて、このフライアイミラー（13, 13', 13", 33）の射出側または射出側近傍において2次光源としての多数の集光点が形成される。この結果、例えば図17に示す反射型の投影光学系の瞳（入射瞳）の位置にはフライアイミラー（13, 13', 13", 33）による2次光源の像が形成されるため、レチクル（マスク）やウエハ（感光性基板）は、均一照明としてのケーラー照明が達成される。

以上のように、各実施の形態及び各実施例における全反射フライアイミラーの関与によって、フライアイミラーにおける光量損失を抑えながら、レチクル（マスク）やウエハ（感光性基板）はより一層均一に照明される。

なお、フライアイミラー（13, 13', 13", 33）の入射側、すなわち第1のアレイ状ミラー（13 in, 13' in, 13" in, 33 in）の入射側はレチクル（マスク）やウエハ（感光性基板）と実質的に光学的に共役な位置にあり、フライアイミラーを入射側から見た場合、第1のアレイ状ミラー（13 in, 13' in, 13" in, 33 in）を構成する多数の単位ミラー（第1の反射素子）の形状は、レチクル（マスク）やウエハ（感光性基板）に形成され

る照明領域の形状と相似である。また、フライアイミラー(13, 13', 13'', 33)の射出側、すなわち第2のアレイ状ミラー(13out, 13'out, 13''out, 33out)は、例えば図17に示す投影光学系の瞳(入射瞳)と実質的に光学的に共役な位置にある。

- 5 また、図16に示す第7の実施の形態及び図24に示す第5実施例においては、第1のアレイ状ミラー33inにおける多数の第1の反射素子(33in-1, 33in-2, ...)は、第1の反射素子(33in-1, 33in-2, ...)の各々の中心に入射する入射光(入射光の中心の光またはレチクルの照明視野中心を通過する光)に対して所定の角度 $\beta 1$ で傾斜した第1の基準面P1にて稠密に
- 10 配置されている。同様に、第2のアレイ状ミラー33outにおける多数の第2の反射素子(33out-1, 33out-2, ...)は、第2の反射素子(33out-1, 33out-2, ...)の各々の中心に入射する入射光(入射光の中心の光またはレチクルの照明視野中心を通過する光)に対して所定の角度 $\beta 2$ で傾斜した第2の基準面P2にて稠密に配置されている。

- 15 このとき、上記所定の角度 $\beta 1$ 及び所定の角度 $\beta 2$ は、

$$0^\circ < \beta 1 \leq 20^\circ, \quad 0^\circ < \beta 2 \leq 20^\circ$$

- を満たすことが好ましい。ここで、上記条件を満たすことにより、第1のアレイ状ミラー33in及び第2のアレイ状ミラー33outを構成する多数の単位ミラー(反射素子)による配列による光量損失を招くことなく全反射を達成する
- 20 ことが可能となるため、格段に反射効率の高いフライアイミラー33を実現することができる。

- なお、以上の各実施の形態及び各実施例においては、反射型オプティカルインテグレータとしてのフライアイミラー(13, 13', 13'', 33)は、2つのアレイ状ミラー(ラスター状ミラー)で構成される例を示したが、このフライ
- 25 アイミラー(13, 13', 13'', 33)は1つのアレイ状ミラー(ラスター状ミラー)で構成することも可能である。

また、以上の第1実施の形態～第8実施の形態及び第1～5実施例においては、レチクル(マスク)に対して光を効率良く導くための照明光学系の結像に寄与する部材を全て全反射させる反射部材で構成した例を示したが、照明光学系の結像

への寄与度の小さい部材を必要に応じて用いることは可能である。この場合には、照明光学系の結像への寄与度の小さい部材は、透過性部材、適宜全反射の条件から外れた反射部材であっても良く、これらの部材を本発明において適用可能なこととは言うまでもない。

- 5 ところで、上述の実施の形態にかかる露光装置では、照明光学系や照明光学装置によってマスク（レチクル）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、上述の実施の形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図26のフローチャートを参照して説明する。
- 10

- 先ず、図26のステップ301において、1ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ303において、上述の実施の形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。
- 15
- 20

- 25 また、上述の実施の形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。

 以下、図27のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。

図 27 において、パターン形成工程 401 では、上述の実施の形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィ工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程 402 へ移行する。

次に、カラーフィルター形成工程 402 では、R (Red)、G (Green)、B (Blue) に対応した 3 つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、または R、G、B の 3 本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程 402 の後に、セル組み立て工程 403 が実行される。セル組み立て工程 403 では、パターン形成工程 401 にて得られた所定パターンを有する基板、及びカラーフィルター形成工程 402 にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。

セル組み立て工程 403 では、例えば、パターン形成工程 401 にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程 402 にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。その後、モジュール組み立て工程 404 にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

産業上の利用の可能性

以上にて説明したように、本発明によれば、光源に EUV 光を用いた場合であっても光量ロスの少ない照明光学系や照明装置を実現することができる。

また、本発明によれば、照明効率の格段なる向上によって、高スループットが達成可能な高性能な投影露光装置、及び良好なるマイクロデバイス（半導体装置、撮像素子、液晶表示装置、薄膜磁気ヘッド等）を製造し得る露光方法を実現する

ことができる。

特に、本発明による全反射の条件を満たす構成のフライアイミラーにより、照明効率の向上と均一照明とを両立させることができ、照明光学系、照明装置及び投影露光装置の性能を格段に向上させることが可能となる。これにより、高スル

- 5 ープットのもとでより一層微細なマイクロデバイスを製造し得る露光方法が達成できる。

請求の範囲

(1) 極端紫外光を射出する光源部、コリメータミラー、フライアイミラー、及びコンデンサミラーを順に配置し、

- 5 前記コリメータミラー、フライアイミラー、コンデンサミラーの各々は、入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された複数の単位ミラーからなることを特徴とする照明光学系。

(2) 請求項 1 に記載の照明光学系において、
前記光源部は、

- 10 レーザプラズマ光源と、
前記レーザプラズマ光源から出射された極端紫外光を集光するコレクタミラーと、

前記コレクタミラーによる前記極端紫外光の集光点近傍に配置された飛散物遮断用の隔壁と

- 15 を備えることを特徴とする照明光学系。

(3) 請求項 1 に記載の照明光学系において、
前記光源部は、
放電プラズマ光源を備えている
ことを特徴とする照明光学系。

- 20 (4) 請求項 3 に記載の照明光学系において、
前記光源部は、
前記放電プラズマ光源から出射された極端紫外光を集光するコレクタミラーと、
前記コレクタミラーによる極端紫外光の集光点近傍に配置された飛散物遮断用の隔壁と

- 25 を備えることを特徴とする照明光学系。

(5) 請求項 4 に記載の照明光学系において、
前記コレクタミラーは、

入射光の斜入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された複数の単位ミラーからなる

ことを特徴とする照明光学系。

(6) 請求項1～請求項5の何れか一項に記載の照明光学系において、

前記コリメータミラーは、

互いに径及び広がり角度の異なる複数のスカート状の単位ミラーを、その広が

5 り部を射出側に向けた状態で光軸の周りに配置してなる

ことを特徴とする照明光学系。

(7) 請求項6に記載の照明光学系において、

前記複数のスカート状の単位ミラーの反射面は、

円錐の部分側面の形状をしている

10 ことを特徴とする照明光学系。

(8) 請求項6に記載の照明光学系において、

前記単位ミラーのうち最外周側に配置される前記単位ミラーの反射面は、

放物面の形状をしており、

それ以外の前記単位ミラーの反射面は、

15 円錐の部分側面の形状をしている

ことを特徴とする照明光学系。

(9) 請求項1～8の何れか一項に記載の照明光学系において、

前記コリメータミラーと前記フライアイミラーとの間に、

複数の中空管を並列配置してなるキャピラリーアレイが配置される

20 ことを特徴とする照明光学系。

(10) 請求項9に記載の照明光学系において、

前記キャピラリーアレイを冷却する冷却機構が備えられる

ことを特徴とする照明光学系。

(11) 請求項1～請求項10の何れか一項に記載の照明光学系において、

25 前記フライアイミラーは、

互いに同姿勢の複数の単位ミラーを並列配置した入射端と、互いに同姿勢の複数の単位ミラーを並列配置した出射端とを、それら各単位ミラーに対する入射光の斜入射角度が全反射角度となるよう、それら単位ミラーによる反射光の進行方向に十分な間隔をおいて配置してなる

ことを特徴とする照明光学系。

(12) 請求項11に記載の照明光学系において、
前記入射端に配置される前記複数の単位ミラーの反射面は、
それぞれウォルターI型の形状をしている

5 ことを特徴とする照明光学系。

(13) 請求項11に記載の照明光学系において、
前記入射端及び前記出射端に配置される前記複数の単位ミラーの反射面は、
それぞれ放物面の形状をしている
ことを特徴とする照明光学系。

10 (14) 請求項11～請求項13の何れか一項に記載の照明光学系において、
前記入射端を構成する前記複数の単位ミラーは、
各単位ミラー間の反射光のケラレが低減されるよう、それら単位ミラーによる
反射光の進行方向に十分な距離ずつずらして配置され、
前記出射端を構成する前記複数の単位ミラーは、

15 各単位ミラー間の反射光のケラレが低減されるよう、それら単位ミラーによる
反射光の進行方向に十分な距離ずつずらして配置される
ことを特徴とする照明光学系。

(15) 請求項1～請求項14の何れか一項に記載の照明光学系において、
前記コンデンサミラーは、

20 複数の単位ミラーを直列配置してなり、かつそのうち少なくとも1つの反射面
がトロイダル非球面である
ことを特徴とする照明光学系。

(16) 請求項1～請求項15の何れか一項に記載の照明光学系において、
前記光源部が射出する前記極端紫外光は、波長50nm以下の極端紫外光であ
25 り、

前記コリメータミラー、フライアイミラー、コンデンサミラーの各単位ミラー
の反射面は、Ru又はMoの材料からなり、かつ前記斜入射角度が15°以下と
なる姿勢で配置される

ことを特徴とする照明光学系。

(17) 反射型の投影光学系と、

請求項1～請求項16の何れか一項に記載の照明光学系と
を備えたことを特徴とする投影露光装置。

(18) 請求項1～請求項16の何れか一項に記載の照明光学系を用いてレチ

5 クルを照明する照明工程と、

前記レチクルのパターンを感光性基板に露光する露光工程とを含む
ことを特徴とする露光方法。

(19) 極端紫外光を供給する光源部、及び該光源部からの光を被照明物体に
導く照明光学系を有し、

10 前記照明光学系は、前記極端紫外光を反射させる複数の反射部材を含み、

前記照明光学系を構成する全ての前記反射部材は、入射光の入射角度が全反射
角度となる姿勢で配置される

ことを特徴とする照明装置。

(20) 請求項19に記載の照明装置において、

15 前記複数の反射部材は、多数の反射素子を有するアレイ状ミラーを少なくとも
含み、

前記アレイ状ミラーにおける多数の反射素子は、入射光の入射角度が全反射角
度となる姿勢で配置される

ことを特徴とする照明装置。

20 (21) 請求項20に記載の照明装置において、

前記アレイ状ミラーにおける多数の反射素子は、メリジナル方向及びサジタ
ル方向において所定の光学パワーをそれぞれ有することを特徴とする照明装置。

(22) 請求項19に記載の照明装置において、

25 前記複数の反射部材は、多数の第1の反射素子を有する第1のアレイ状ミラー
と、多数の第2の反射素子を有する第2のアレイ状ミラーとを少なくとも含み、

前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子及び前記第2のアレ
イ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、入射光の入射角度が全反射角度と
なる姿勢でそれぞれ配置される

ことを特徴とする照明装置。

(23) 極端紫外光を供給する光源部、及び該光源部からの光を被照明物体に導く照明光学系を有し、

前記照明光学系は、前記極端紫外光を反射させる複数の反射部材を含み、

5 前記複数の反射部材は、多数の第1の反射素子を有する第1のアレイ状ミラーと、多数の第2の反射素子を有する第2のアレイ状ミラーとを少なくとも含み、

前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子及び前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢でそれぞれ配置される

ことを特徴とする照明装置。

10 (24) 請求項22または請求項23に記載の照明装置において、

前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子及び前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、メリジオナル方向及びサジタル方向において所定の光学パワーを有する

ことを特徴とする照明装置。

15 (25) 請求項24に記載の照明装置において、

前記第1のアレイ状ミラー及び前記第2のアレイ状ミラーを経由した光は、前記第2のアレイ状ミラー、前記第2のアレイ状ミラーの近傍、または前記第2のアレイ状ミラーの射出側に2次光源としての多数の集光点を形成する

ことを特徴とする照明装置。

20 (26) 請求項22～請求項24の何れか一項に記載の照明装置において、

前記第1の反射素子と第2の反射素子とのうちの少なくとも一方は方物面状の反射面を含む

ことを特徴とする照明装置。

(27) 請求項22～請求項26の何れか一項に記載の照明装置において、

25 前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子は、前記第1のアレイ状ミラーに入射する入射光路に対して所定の角度で傾斜する第1の基準面にて稠密に配置され、

前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、前記第2のアレイ状ミラーに入射する入射光路を所定の角度で傾斜する第2の基準面にて稠密に

配置される

ことを特徴とする照明装置。

(28) 請求項22～請求項26の何れか一項に記載の照明装置において、

- 5 前記第1のアレイ状ミラーにおける多数の第1の反射素子は、前記多数の第1の反射素子の各々に入射する光の中心光に対して所定の角度 $\beta 1$ で傾斜する第1の基準面にて稠密に配置され、

前記第2のアレイ状ミラーにおける多数の第2の反射素子は、前記多数の第1の反射素子の各々に入射する光の中心光に対して所定の角度 $\beta 2$ で傾斜する第2の基準面にて稠密に配置され、

- 10 前記所定の角度 $\beta 1$ 及び前記所定の角度 $\beta 2$ は、
 $0^\circ < \beta 1 \leq 20^\circ$ 、 $0^\circ < \beta 2 \leq 20^\circ$ を満たす
ことを特徴とする照明装置。

(29) 請求項19～請求項28の何れか一項に記載の照明装置と、

- 15 前記照明装置により照明された前記被照明物体としてのレチクルのパターンを感光性基板に投影する投影光学系とを有する
ことを特徴とする投影露光装置。

(30) 請求項19～請求項28の何れか一項に記載の照明装置を用いて前記被照明物体としてのレチクルを照明する照明工程と、

- 20 前記レチクルのパターンを感光性基板に露光する露光工程とを含む
ことを特徴とする露光方法。

(31) 極端紫外光を供給する工程と、該極端紫外光でレチクルを照明する工程と、前記レチクルのパターンを感光性基板に露光する工程とを含み、

前記照明工程は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された複数の反射部材のみを用いて前記極端紫外光を被照明物体へ導く工程を含む

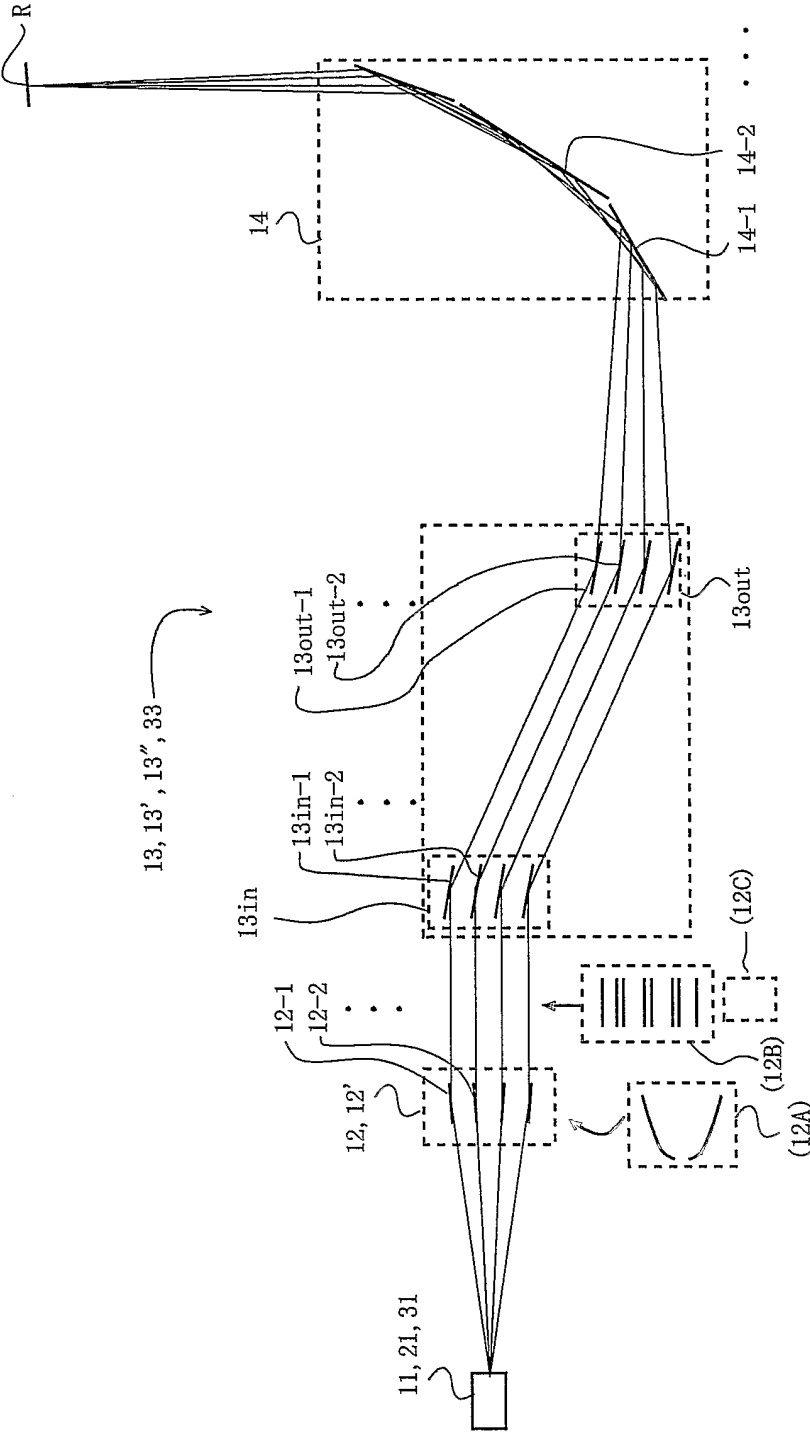
- 25 ことを特徴とする露光方法。

(32) 極端紫外光を供給する工程と、該極端紫外光でレチクルを照明する工程と、前記レチクルのパターンを感光性基板に露光する工程とを含み、

前記照明工程は、入射光の入射角度が全反射角度となる姿勢で配置された多数の第1の反射素子を有する第1のアレイ状ミラーと、入射光の入射角度が全反射

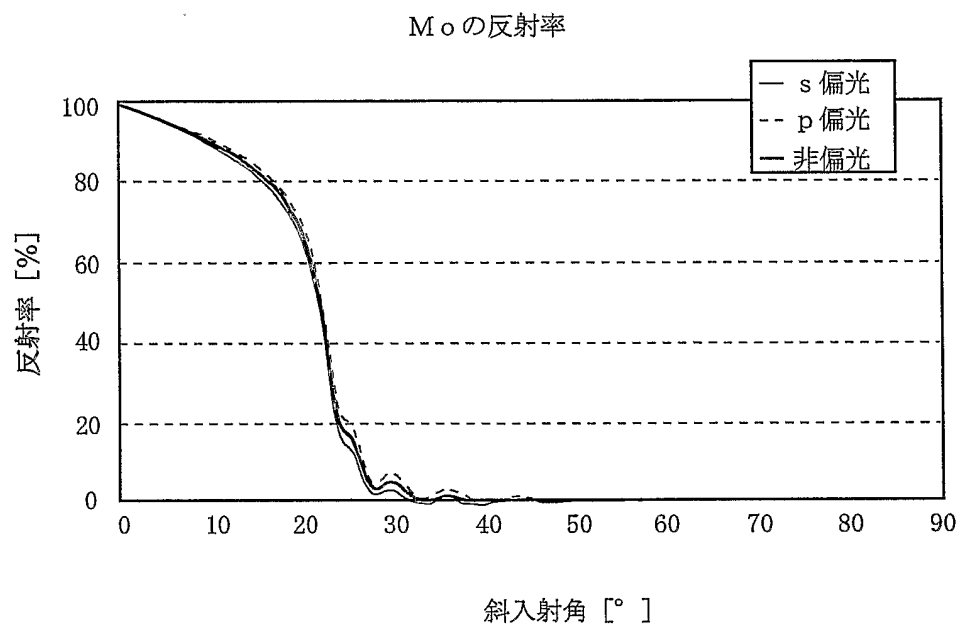
角度となる姿勢で配置された多数の第 2 の反射素子を有する第 2 のアレイ状ミラーとを用いて前記極端紫外光を被照明物体へ導く工程を含むことを特徴とする露光方法。

図1



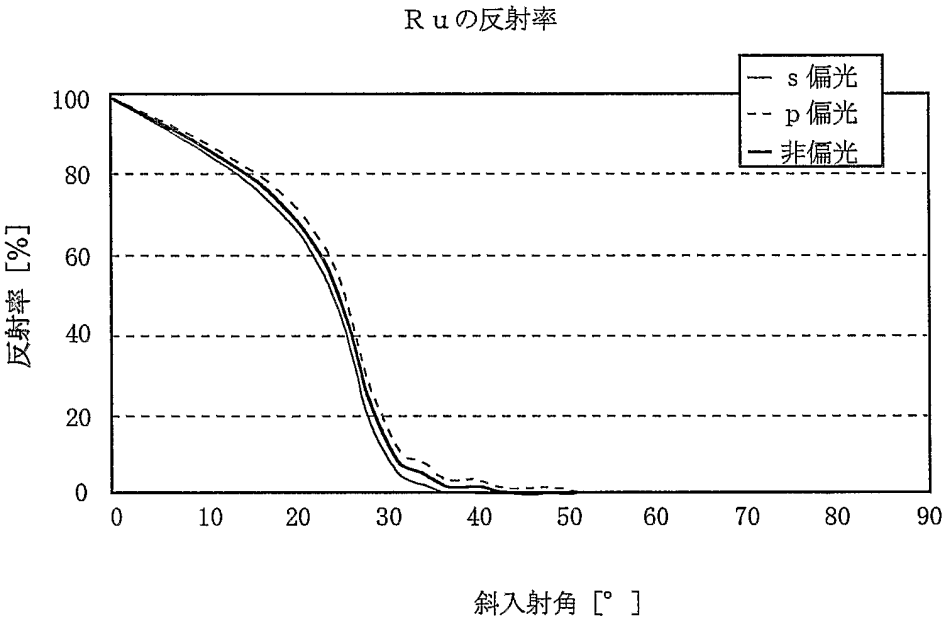
2/27

図2



3/27

図3



4/27

図4

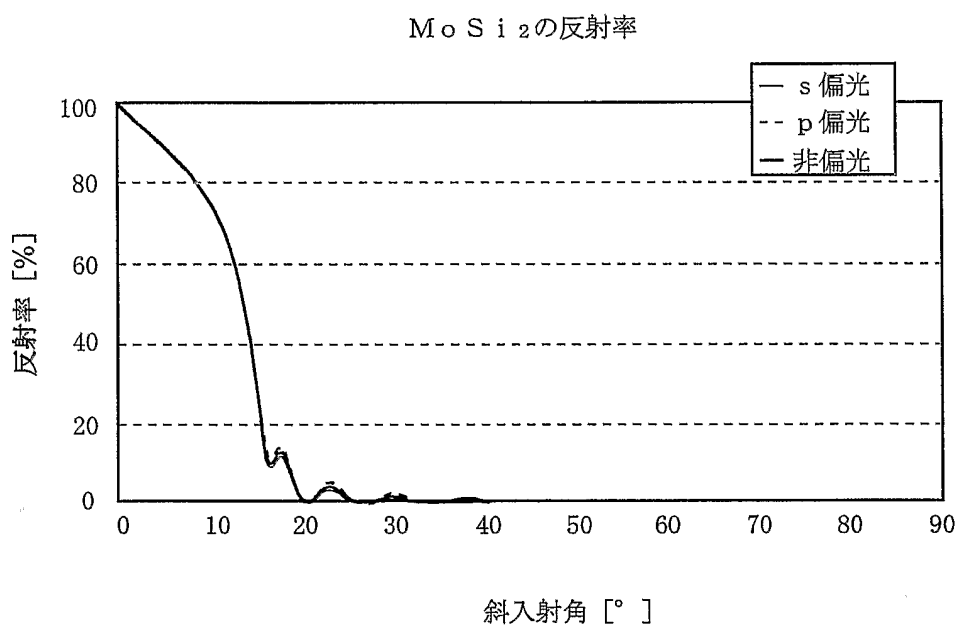
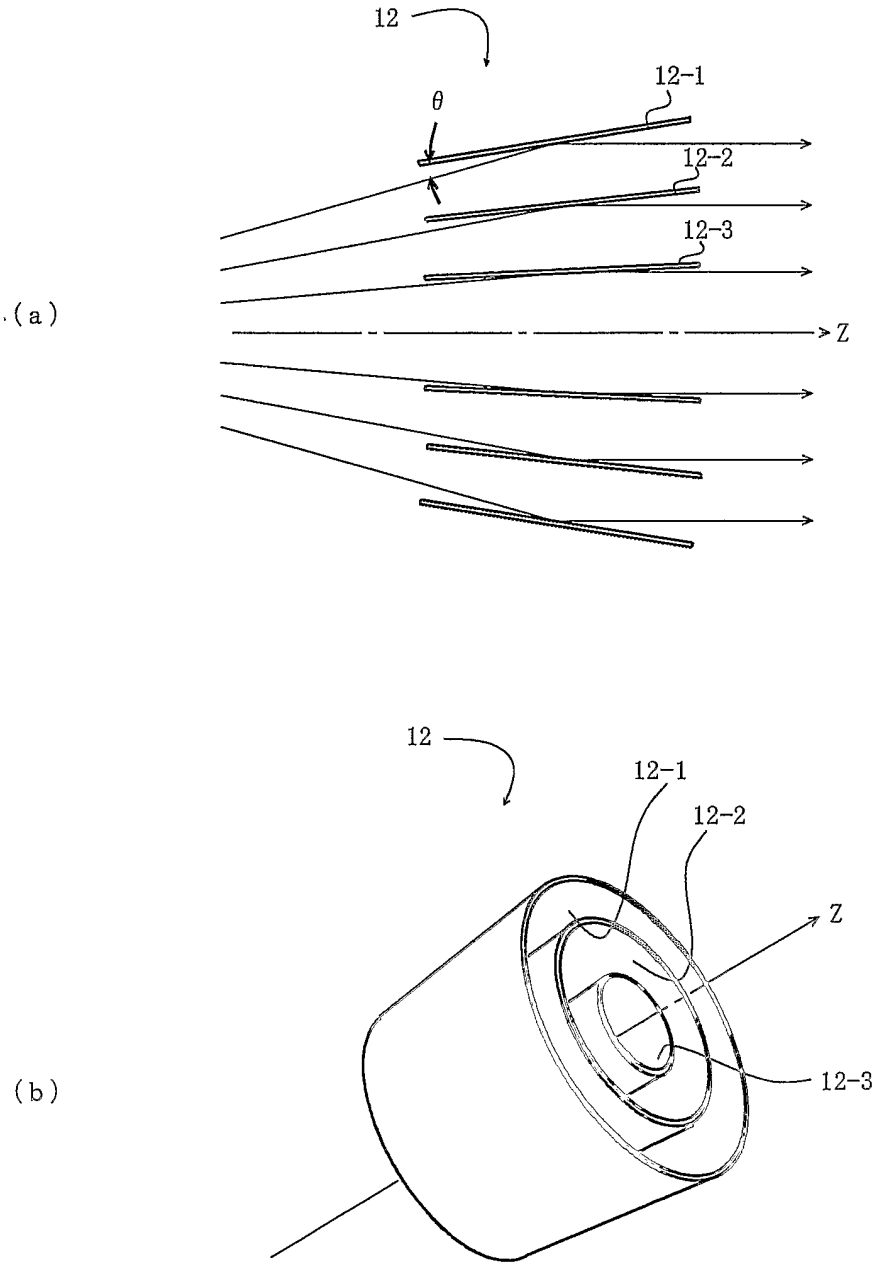


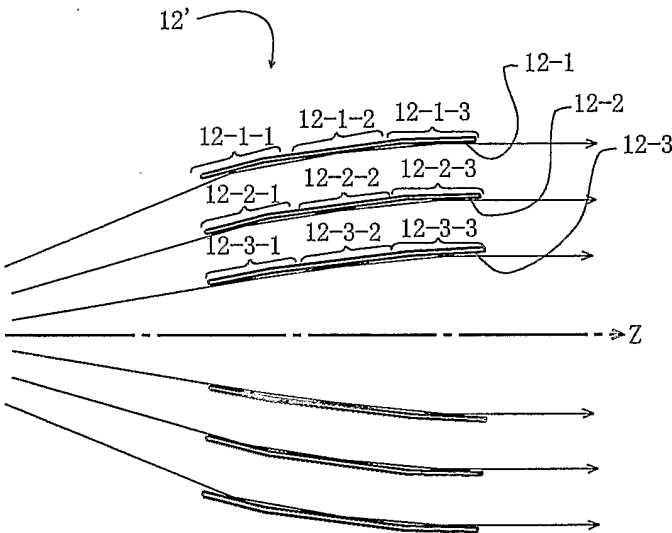
図5



6/27

図6

(a)



(b)

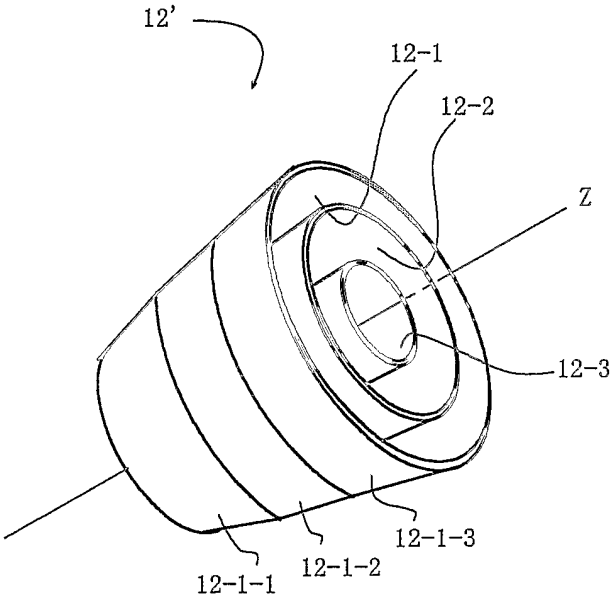
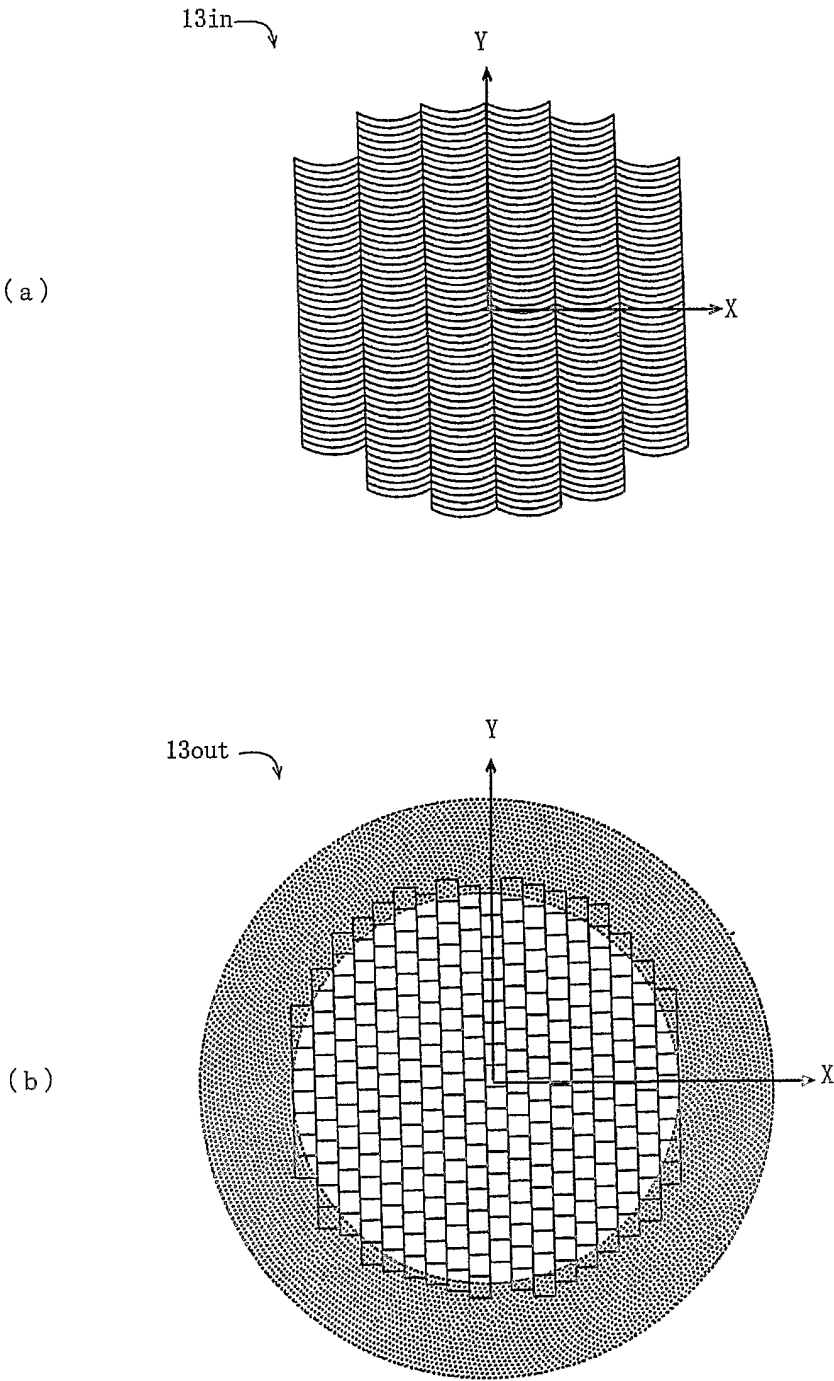
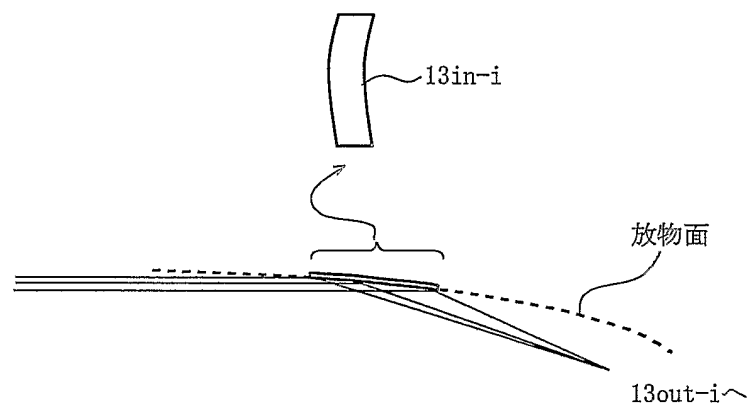


図7



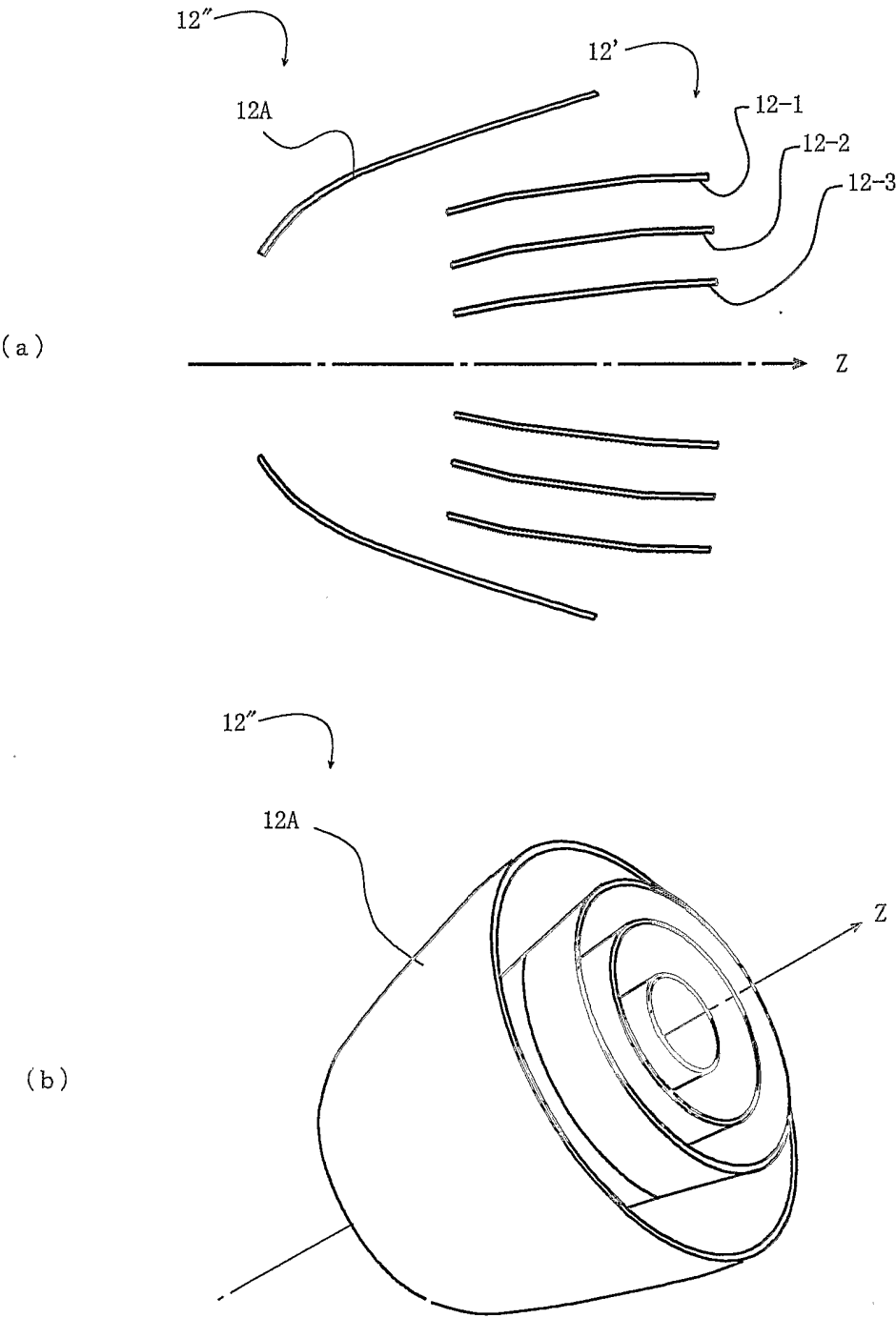
8/27

図8



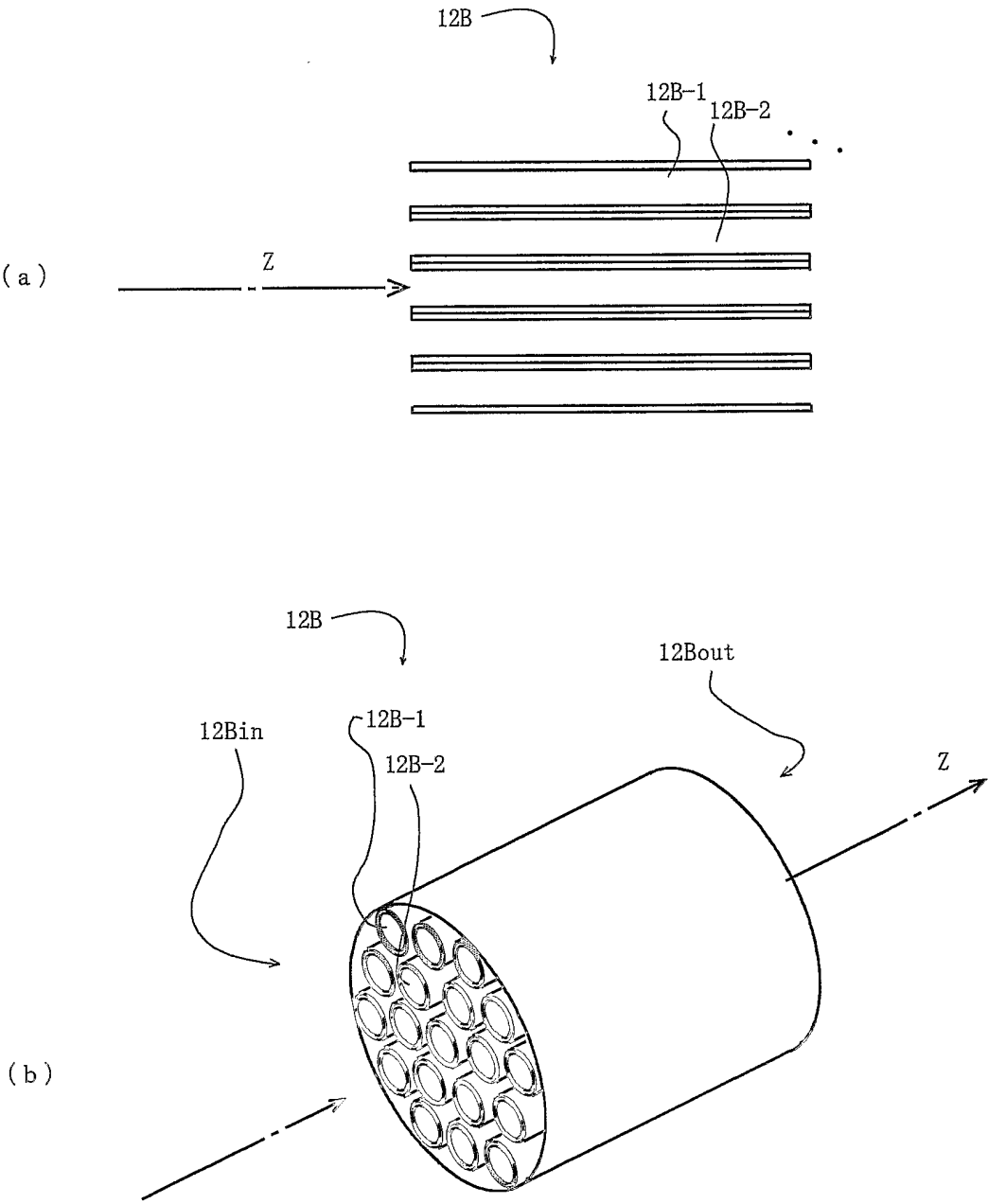
9/27

図9



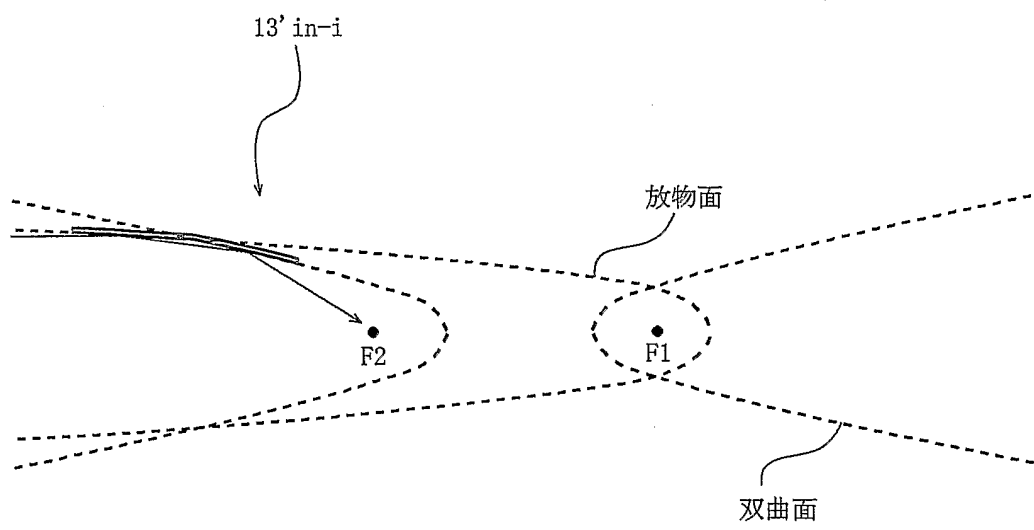
10/27

図10



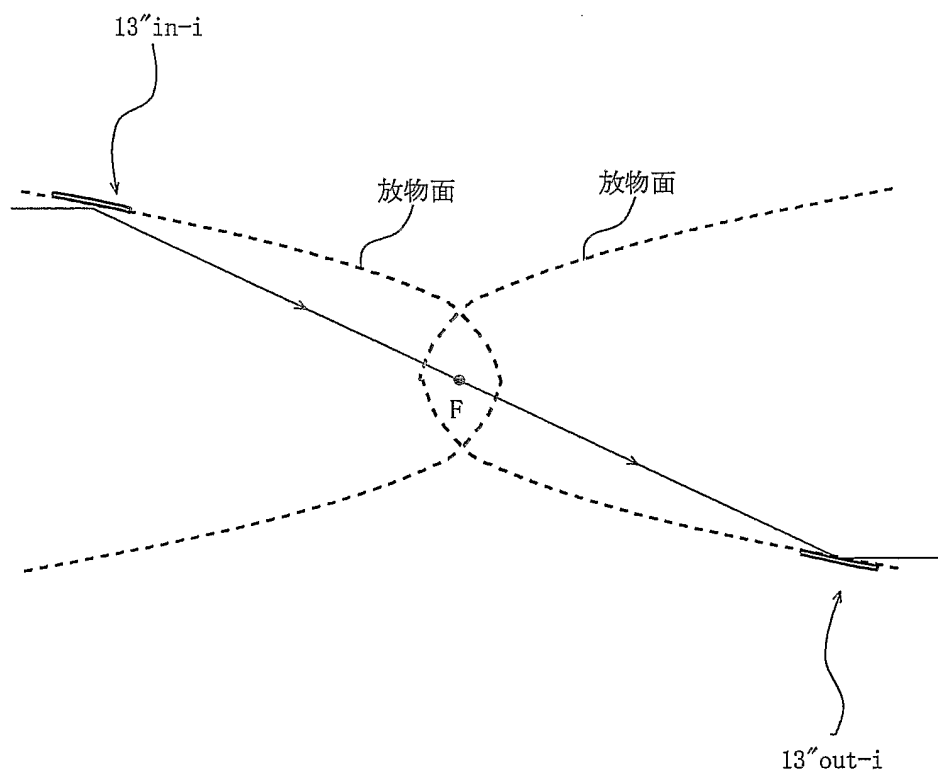
11/27

図11



12/27

図12



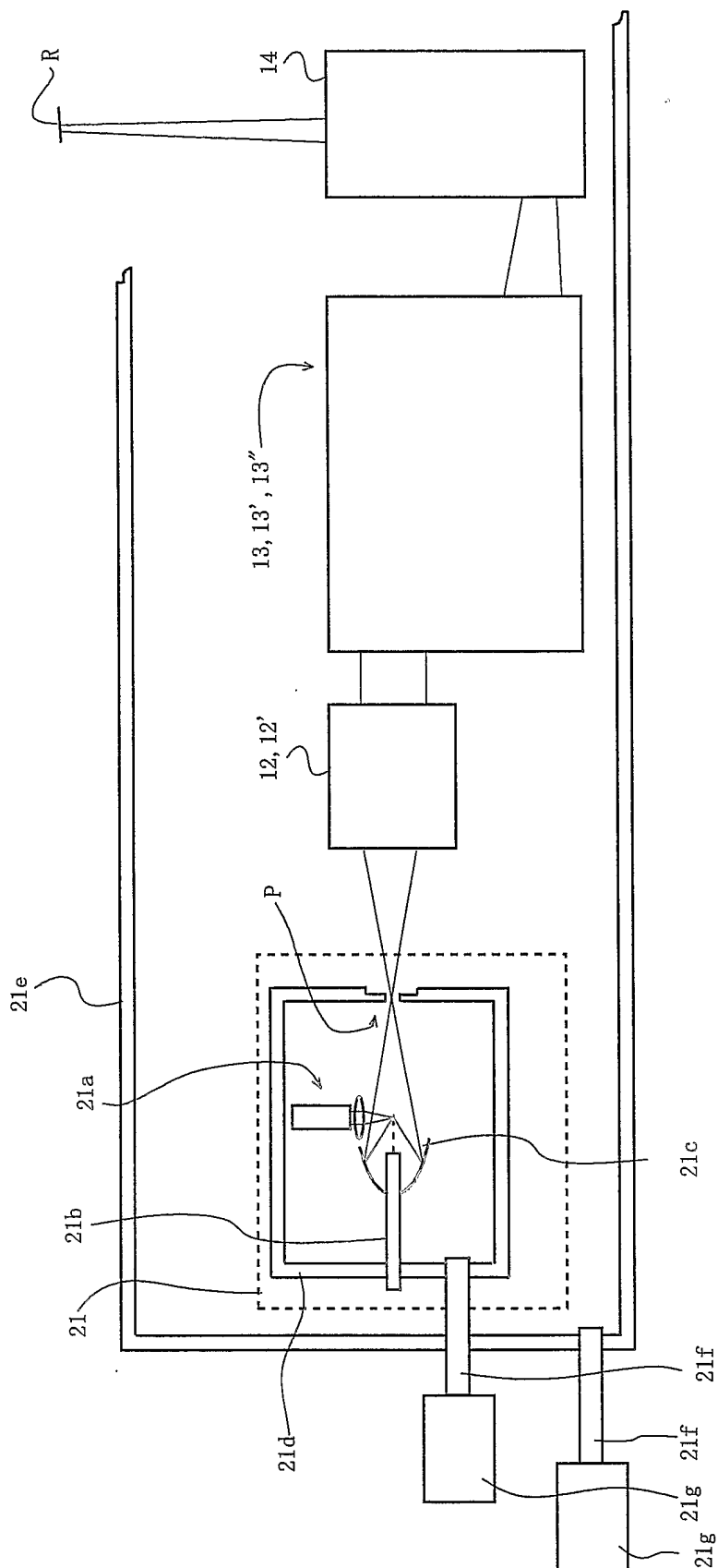
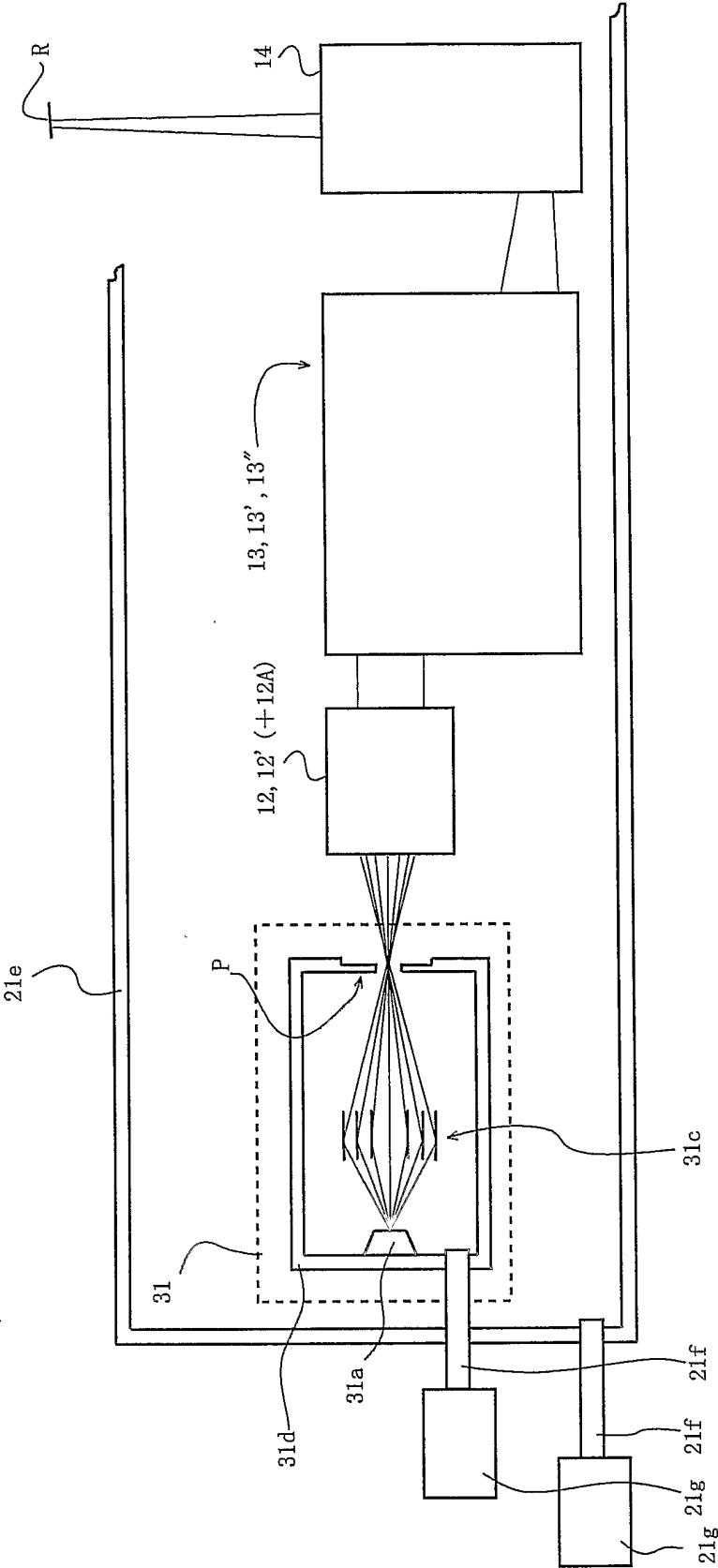


図14



15/27

図15

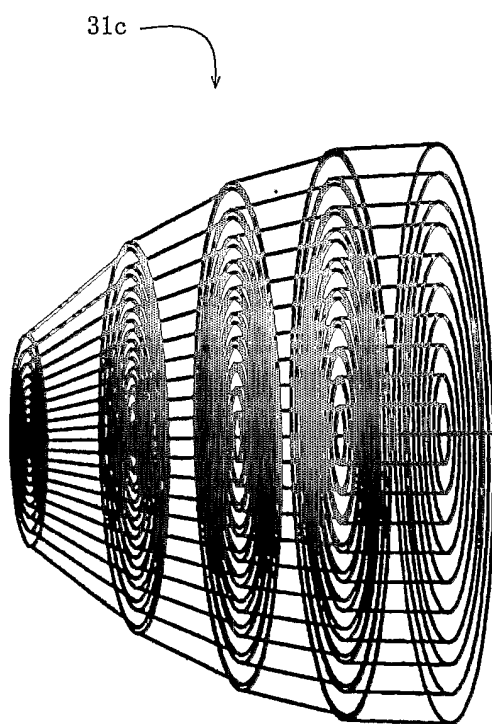
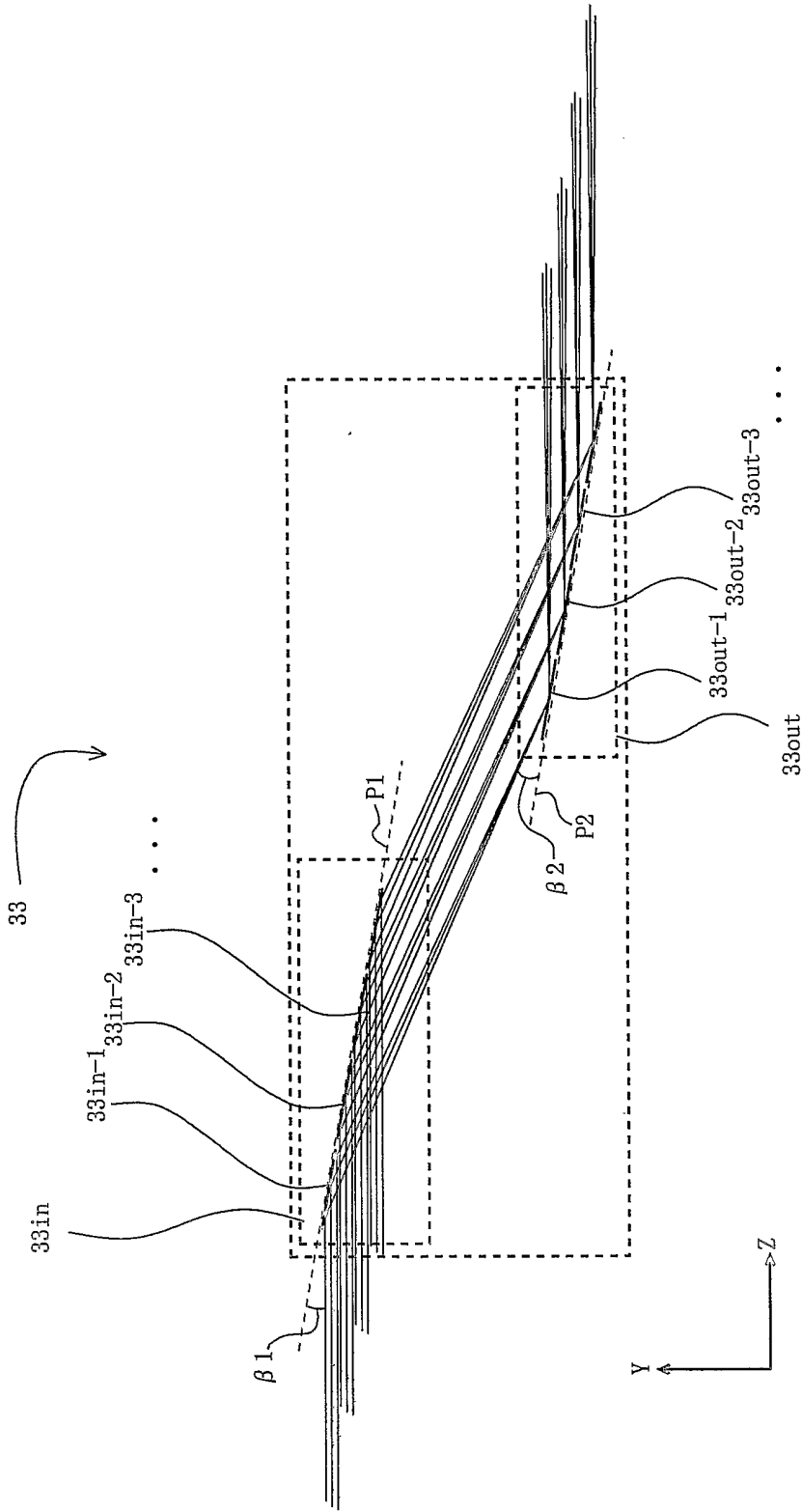


図16



17/27

図17

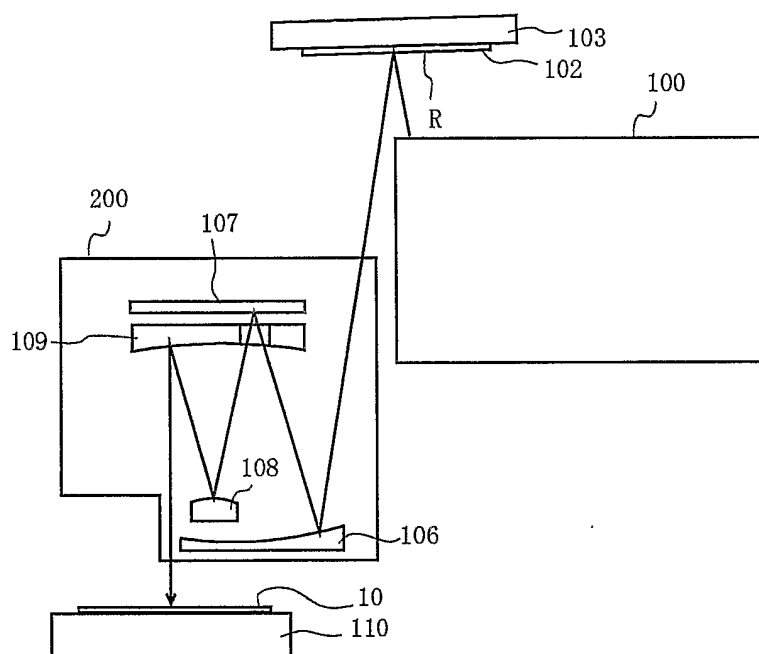


図18

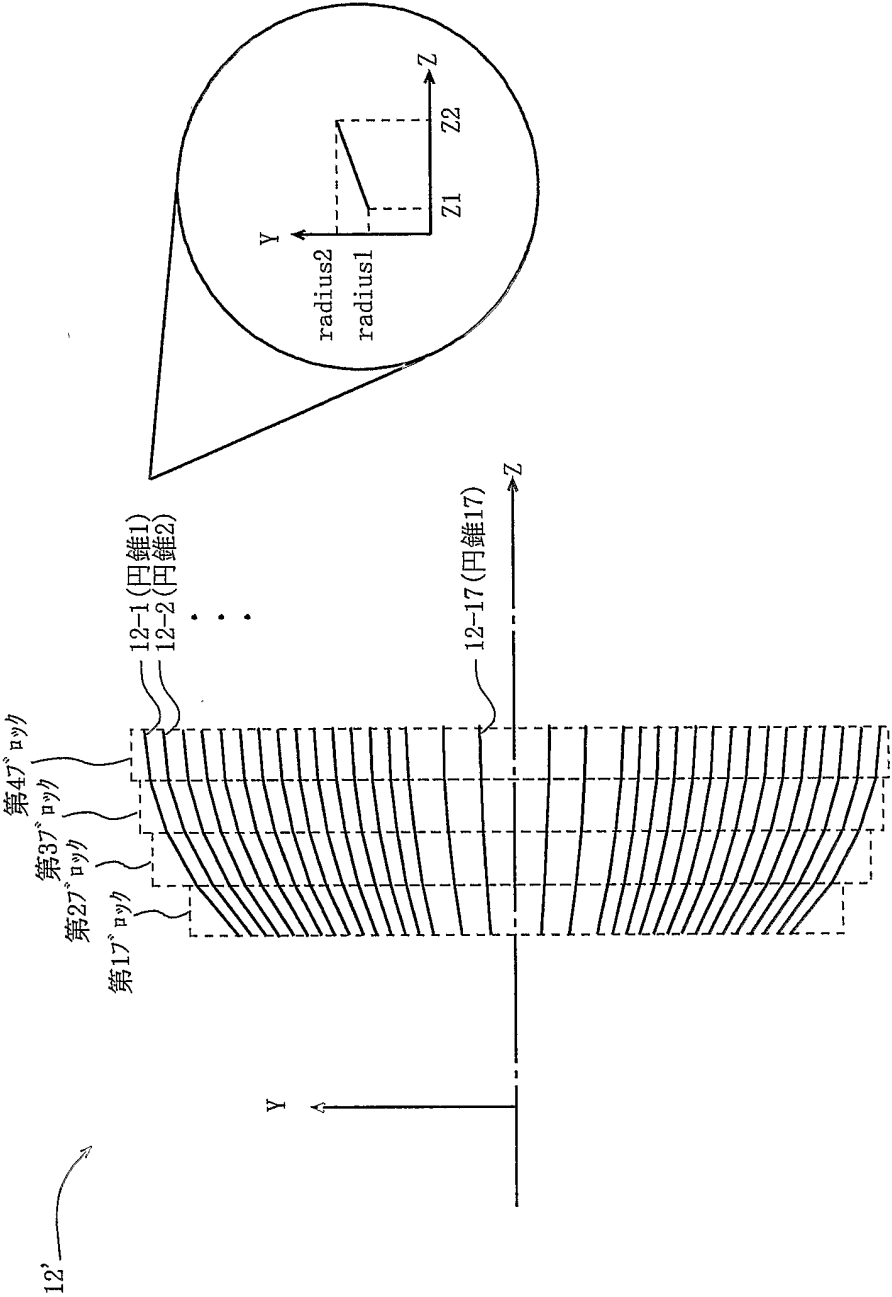


図19

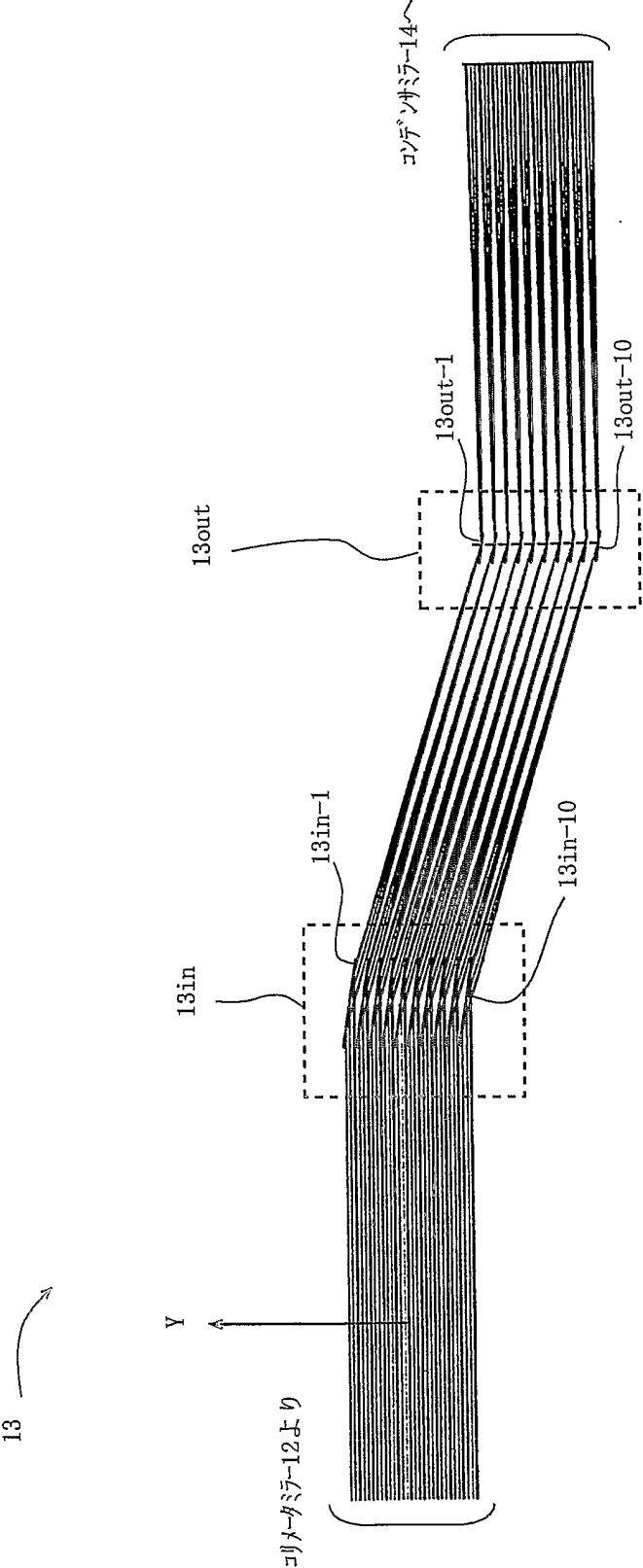


図20

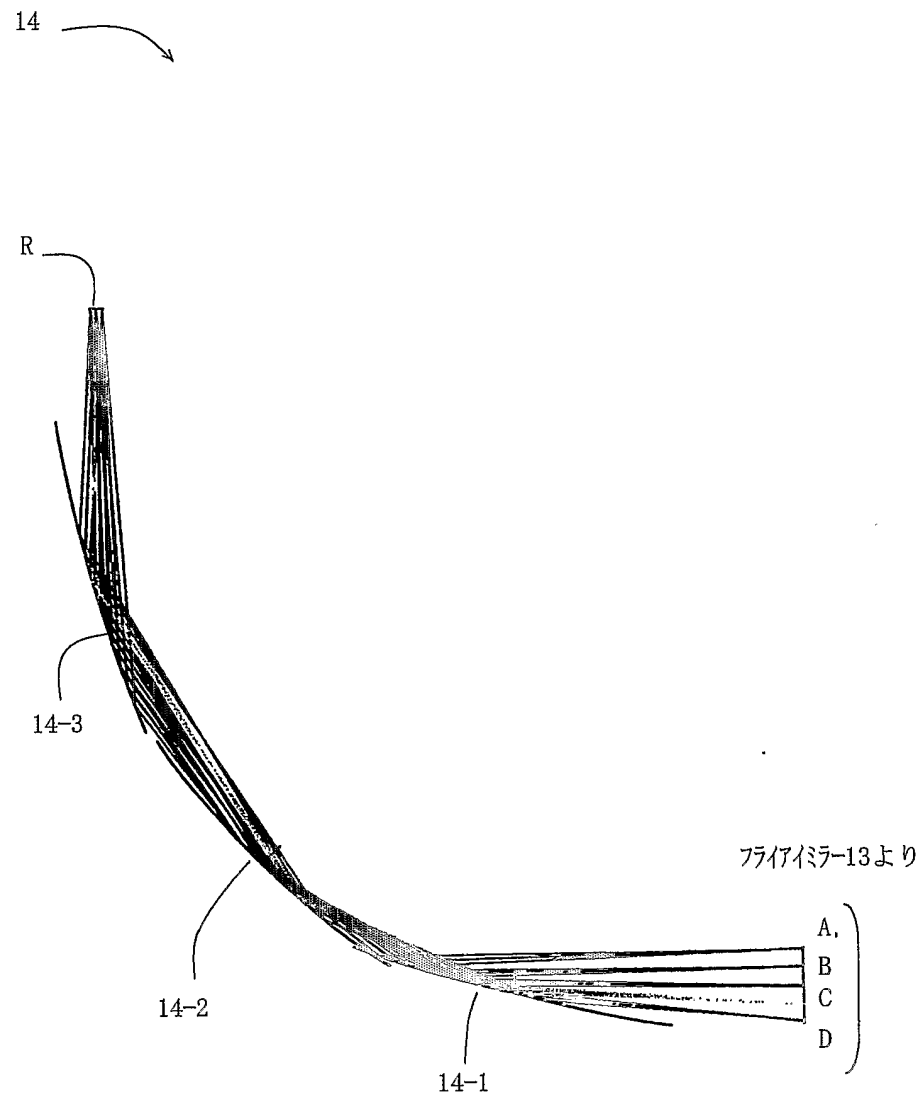


図21

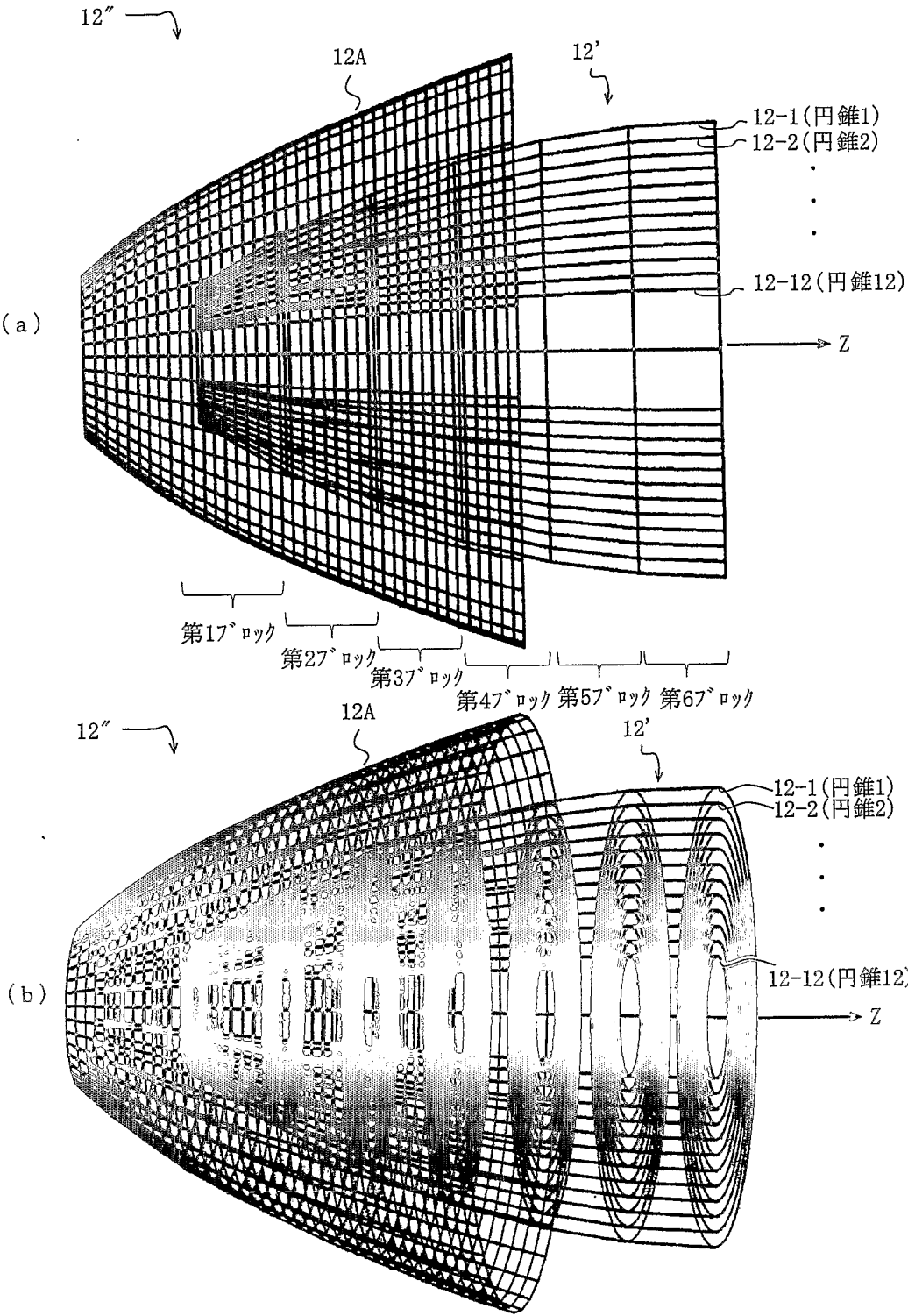


図22

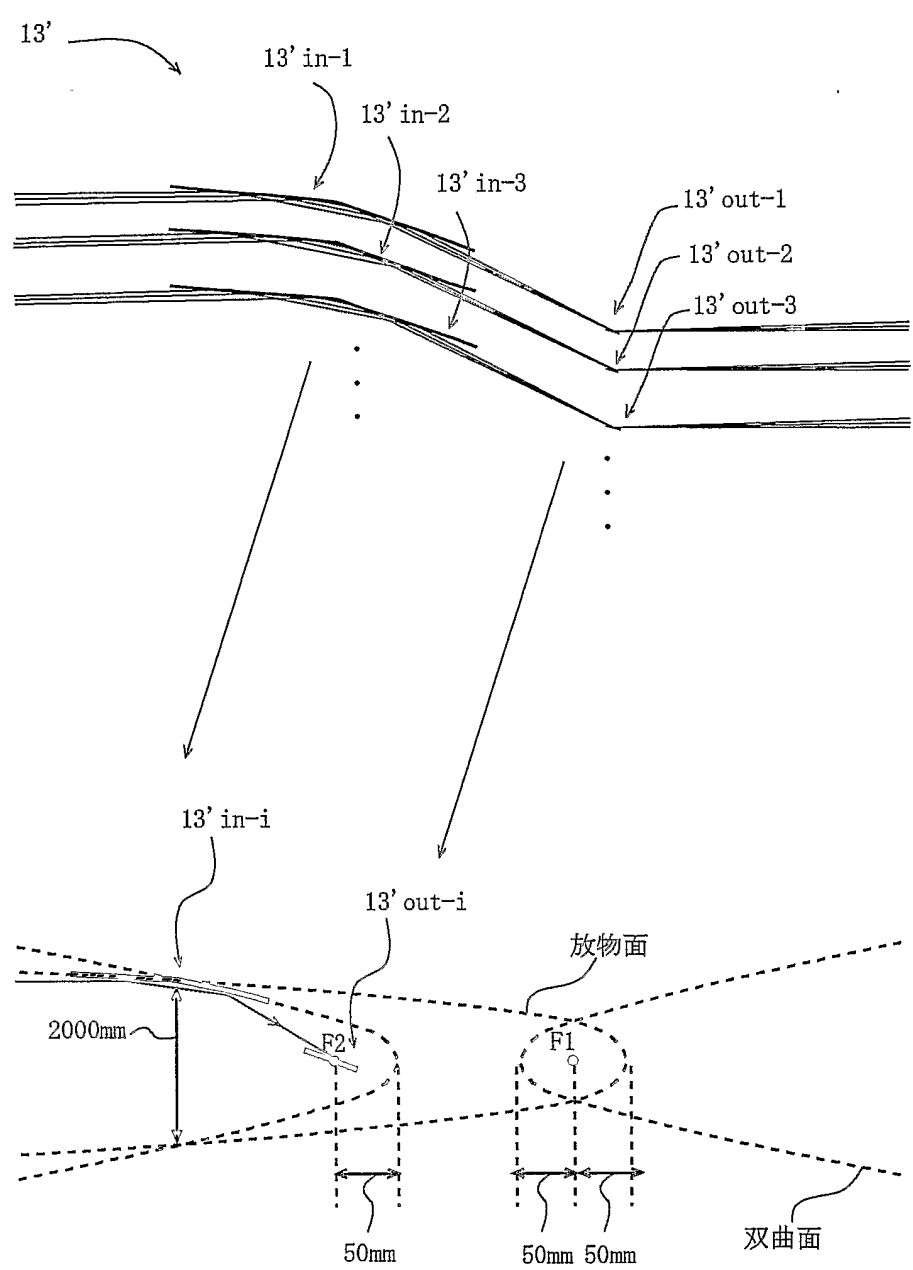


図23

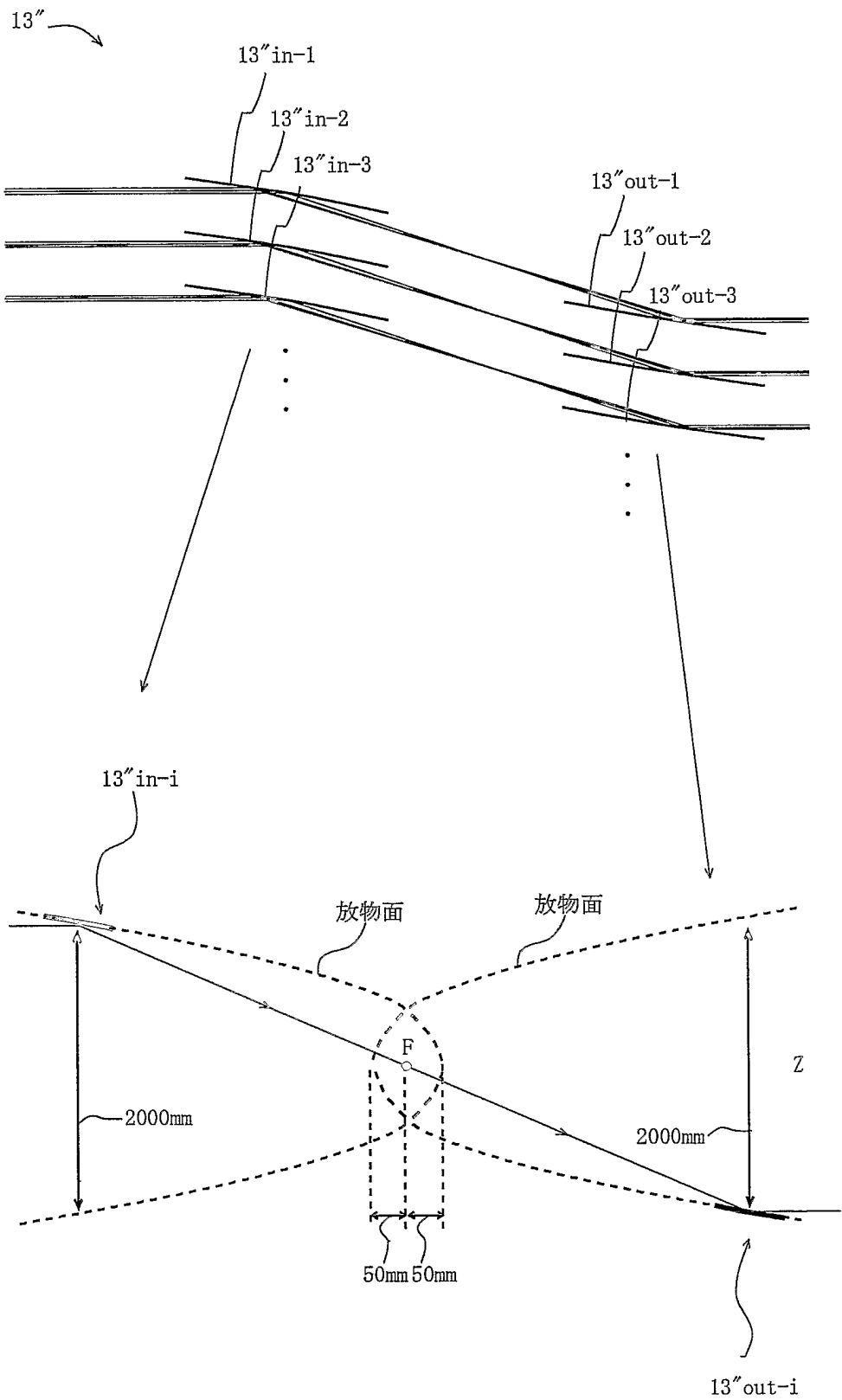
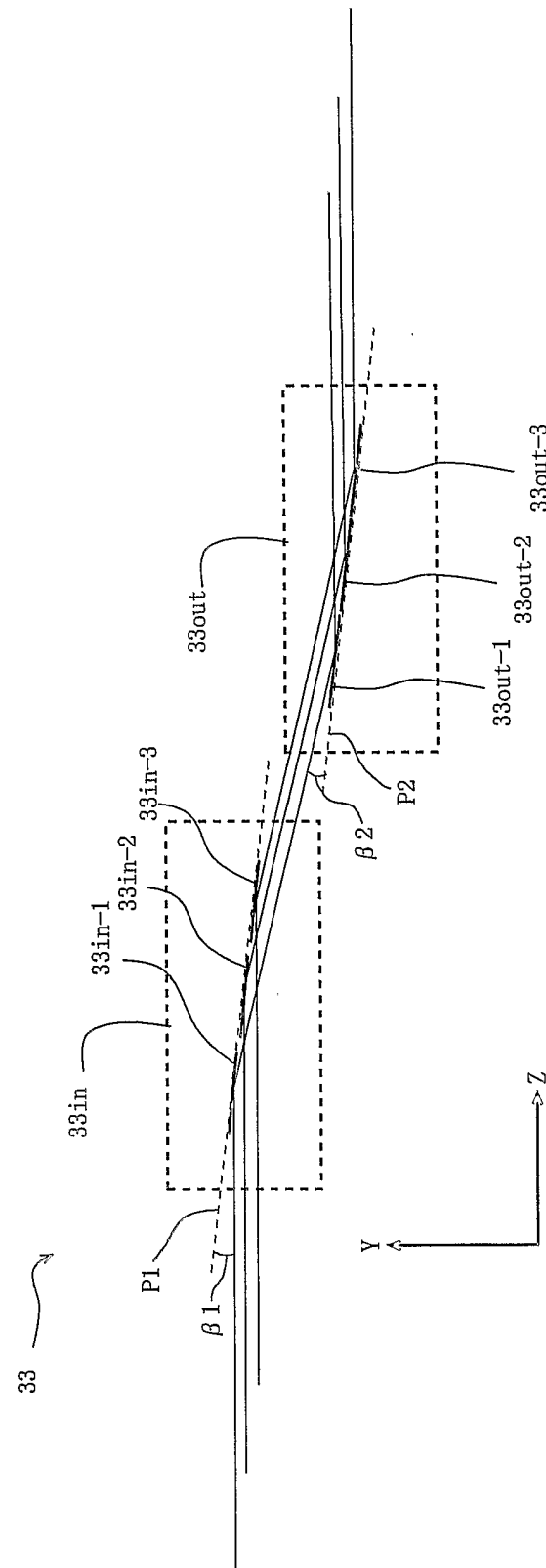
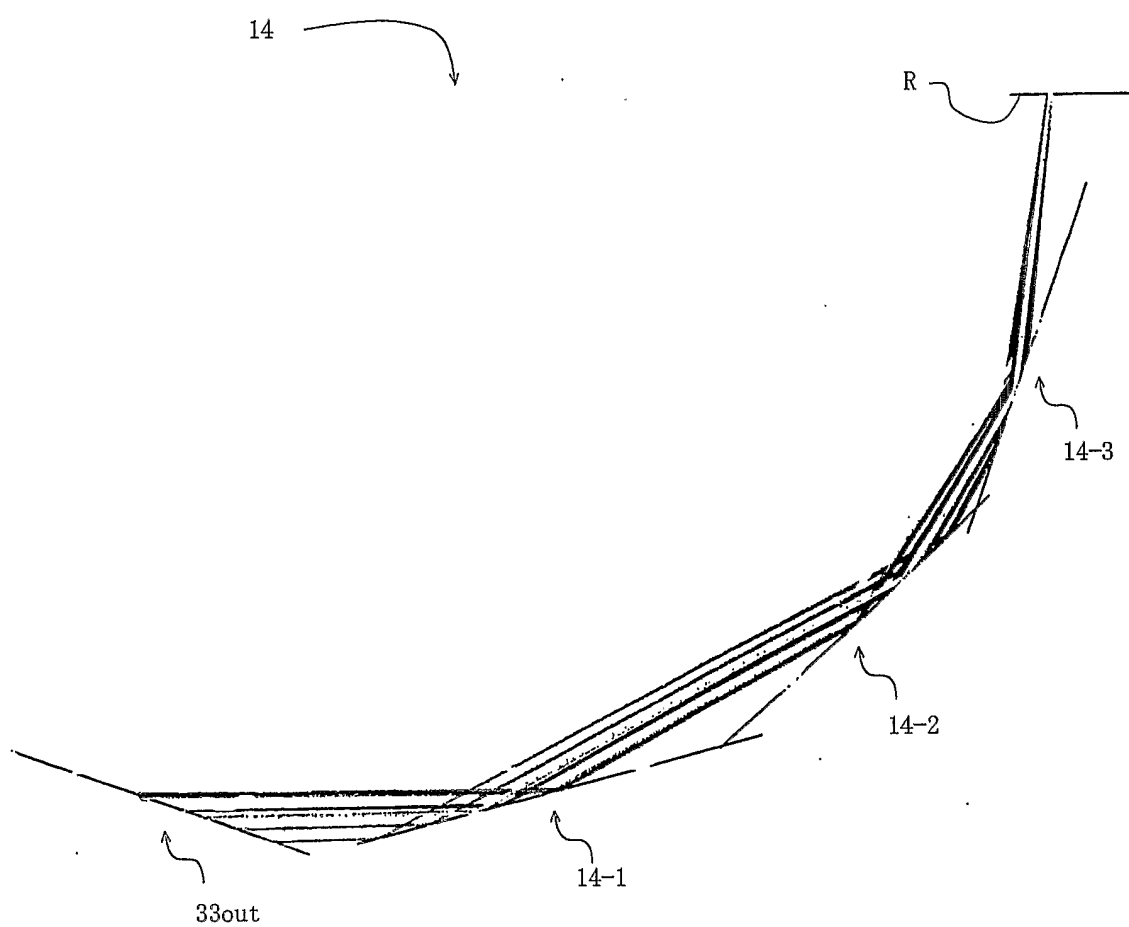


図24



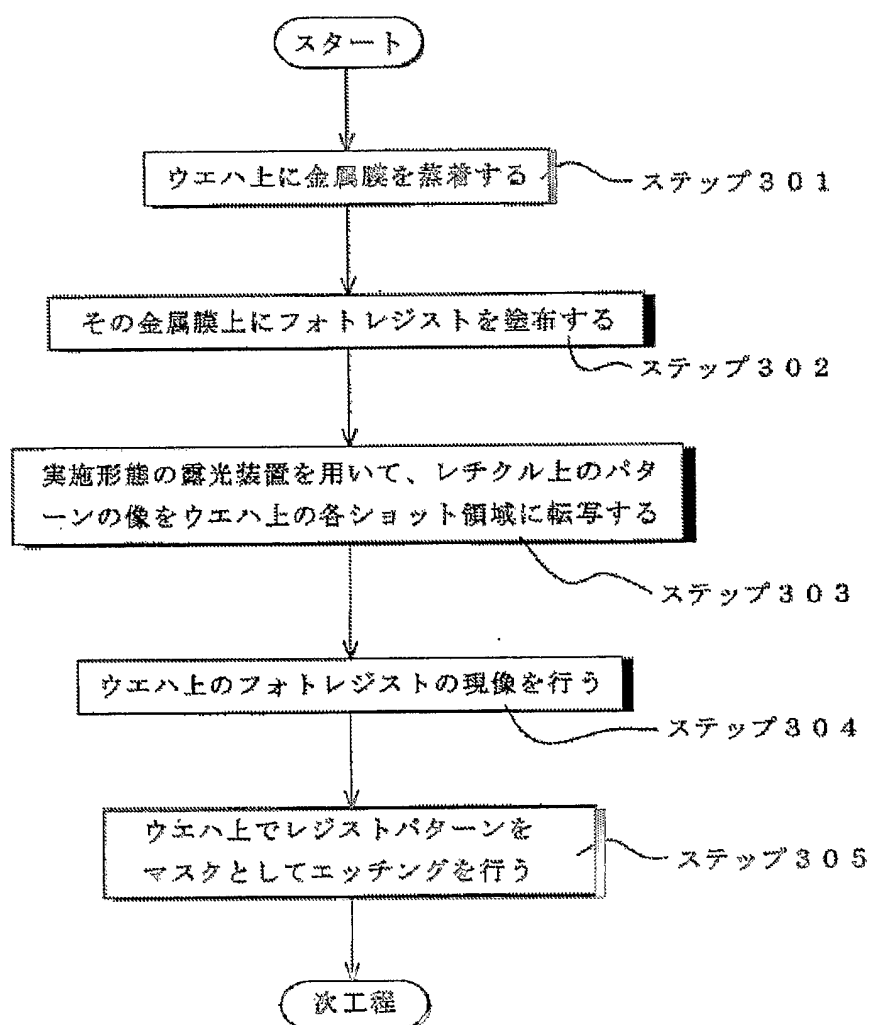
25/27

図25



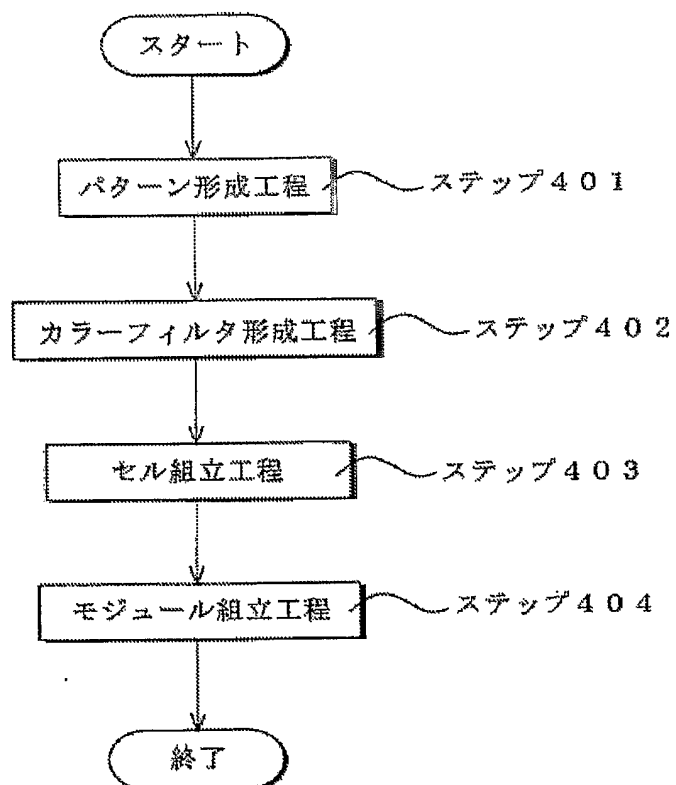
26/27

図26



27/27

図27



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/17043

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, G21K1/06, G21K5/02, G02B5/08,
G02B27/18

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)

Int.Cl.⁷ H01L21/027, G03F7/20, G21K1/06, G21K5/02, G02B5/08,
G02B27/18

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

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

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 8-148415 A (Nikon Corp.), 07 June, 1996 (07.06.96), Full text; all drawings (Family: none)	1-5, 11-32
Y	JP 10-340843 A (Nikon Corp.), 22 December, 1998 (22.12.98), Claims; Par. Nos. [0007], [0033] (Family: none)	1-5, 11-32
Y	US 2001/0043666 A1 (CANON KABUSHIKI KAISHA), 22 November, 2001 (22.11.01), Full text; all drawings & JP 2001-332472 A	1-5, 11-32

☒ 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 document 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
02 April, 2004 (02.04.04)

Date of mailing of the international search report
20 April, 2004 (20.04.04)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/17043

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2002/0003855 A1 (CANON KABUSHIKI KAISHA), 10 January, 2002 (10.01.02), Full text; all drawings & JP 10-70058 A & US 2002/0110217 A1	1-5, 11-32
A	JP 2002-311216 A (Nikon Corp.), 23 October, 2002 (23.10.02), Par. No. [0008]; Figs. 3, 4 (Family: none)	1-32
A	JP 2000-162414 A (Nikon Corp.), 16 June, 2000 (16.06.00), Par. No. [0007] (Family: none)	1-32
A	EP 939341 A2 (Nikon Corp.), 01 September, 1999 (01.09.99), Par. Nos. [0145], [0161]; Figs. 28 to 30, 32 & JP 11-312638 A & US 2002/0093636 A1 & US 2002/0097387 A1	1-32

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20, G21K1/06, G21K5/02, G02B5/08, G02B27/18

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.Cl⁷ H01L21/027, G03F7/20, G21K1/06, G21K5/02, G02B5/08, G02B27/18

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 1926-1996年
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年
 日本国実用新案登録公報 1996-2004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 請求の範囲の番号
Y	JP 8-148415 A (株式会社ニコン) 1996. 06. 07 全文、全図 (ファミリーなし)	1-5, 11-32
Y	JP 10-340843 A (株式会社ニコン) 1998. 12. 22 【特許請求の範囲】 , 【0007】 , 【0033】 (ファミリーなし)	1-5, 11-32

☒ 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

02. 04. 2004

国際調査報告の発送日

20. 4. 2004

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)

岩本 勉

2 M

9355

電話番号 03-3581-1101 内線 3274

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 請求の範囲の番号
Y	US 2001/0043666 A1 (CANON KK) 2001.11.22 全文、全図 & JP 2001-332472 A	1-5, 11-32
Y	US 2002/0003855 A1 (CANON KK) 2002.01.10 全文、全図 & JP 10-70058 A & US 2002/0110217 A1	1-5, 11-32
A	JP 2002-311216 A (株式会社ニコン) 2002.10.23 【0008】，図3、図4 (ファミリーなし)	1-32
A	JP 2000-162414 A (株式会社ニコン) 2000.06.16 【0007】 (ファミリーなし)	1-32
A	EP 939341 A2 (NIKON CORP) 1999.09.01 [0145], [0161], Figs. 28-30 & Fig. 32 & JP 11-312638 A & US 2002/0093636 A1 & US 2002/0097387 A1	1-32