

(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
2011年10月13日(13.10.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/125827 A1

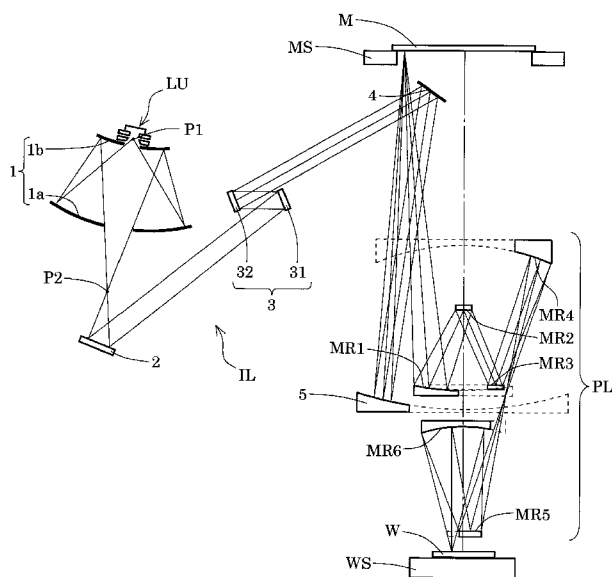
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/058189
- (22) 国際出願日: 2011年3月31日(31.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
61/320,453 2010年4月2日(02.04.2010) US
61/320,443 2010年4月2日(02.04.2010) US
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目1番1号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 小松田 秀基(KOMATSUDA Hideki) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目1番1号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 川辺 喜雄(KAWABE Yoshio) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区有楽町一丁目1番1号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 山口 孝雄(YAMAGUCHI Takao); 〒1010048 東京都千代田区神田司町二丁目10番地 第一ビル 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, 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, IS, JP, KE, KG, KM, 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, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, 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, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[続葉有]

(54) Title: LIGHT SOURCE APPARATUS, OPTICAL APPARATUS, EXPOSURE APPARATUS, DEVICE MANUFACTURING METHOD, ILLUMINATING METHOD, EXPOSURE METHOD, AND METHOD FOR MANUFACTURING OPTICAL APPARATUS

(54) 発明の名称: 光源装置、光学装置、露光装置、デバイス製造方法、照明方法、露光方法、および光学装置の製造方法

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is an optical apparatus, which can suppress light quantity loss due to, for instance, an overlap error of illuminating fields, and which can illuminate a surface to be illuminated under required illuminating conditions at a high light efficiency. The optical apparatus, which illuminates, with light emitted from a light source, a first region having a longer length in the second direction that intersects the first direction than the length in the first direction, is provided with: a collector optical member, which is disposed in an optical path between the light source and the first region, collects the light emitted from the light source, and forms a second region on the predetermined surface, said second region having a longer length in the fourth direction that intersects the third direction than the length in the third direction; and a first fly's eye optical member, which is provided within a predetermined surface that includes the second region, and which has a plurality of first optical elements that guide, to the first region, light transmitted from the collector optical member.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/125827 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

例えば照野の重なり誤差に起因する光量損失を小さく抑え、且つ光効率の高い所要の照明条件で被照射面を照明することのできる光学装置。光源からの光により第 1 方向の長さよりも第 1 方向と交差する第 2 方向の長さが長い第 1 領域を照明する光学装置は、光源と第 1 領域との間の光路中に配置されて、光源からの光を集光して、第 3 方向の長さよりも第 3 方向と交差する第 4 方向の長さが長い第 2 領域を所定面に形成するコレクター光学部材と、第 2 領域を含む所定面内に設けられ、コレクター光学部材の光を第 1 領域に導く複数の第 1 光学要素を有する第 1 フライアイ光学部材と、を備える。

明 細 書

発明の名称：

光源装置、光学装置、露光装置、デバイス製造方法、照明方法、露光方法、および光学装置の製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、光源装置、光学装置、露光装置、デバイス製造方法、照明方法、露光方法、および光学装置の製造方法に関する。さらに詳細には、本発明は、半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のデバイスを用いたリソグラフィ工程で製造するのに使用される露光装置の照明光学系に関するものである。

背景技術

[0002] 従来、半導体素子などの製造に使用される露光装置では、マスク（レチクル）上に形成された回路パターンを、投影光学系を介して感光性基板（たとえばウェハ）上に投影転写する。感光性基板にはレジストが塗布されており、投影光学系を介した投影露光によりレジストが感光し、マスクパターンに対応したレジストパターンが得られる。露光装置の解像力は、露光光の波長と投影光学系の開口数とに依存する。したがって、露光装置の解像力を向上させるには、露光光の波長を短くするとともに、投影光学系の開口数を大きくすることが必要になる。

[0003] 一般に、投影光学系の開口数を所定値以上に大きくすることは光学設計の観点から困難であるため、露光光の短波長化が必要になる。そこで、半導体パターニングの次世代の露光方法（露光装置）として、5～20 nm程度の波長を有するEUV（Extreme UltraViolet：極紫外線）光を用いるEUVL（Extreme UltraViolet Lithography：極紫外リソグラフィ）の手法が注目されている。露光光としてEUV光を用いる場合、使用可能な光透過性の光学材料が存在しなくなる。このため、EUV露光装置では、反射型のオプティカルインテグレータ、反射型のマスク、および反射型の投影光学系を用いる

ことになる。

- [0004] EUV露光装置に限らず、一般の露光装置において、照明光学系の瞳に形成される光強度分布（以下、「瞳強度分布」ともいう）を均一にすることが望ましい。本出願人は、反射型のオプティカルインテグレータにおける第1フライアイ光学部材中の複数の第1ミラー要素と第2フライアイ光学部材中の複数の第2ミラー要素との対応関係を工夫することにより、ほぼ均一な瞳強度分布を照明瞳に形成する技術を提案している（特許文献1を参照）。

先行技術文献

特許文献

- [0005] 特許文献1：米国特許出願公開第2007/0273859号明細書

発明の概要

発明が解決しようとする課題

- [0006] 特許文献1に開示された照明光学系では、第1フライアイ光学部材中の複数の第1ミラー要素で波面分割された各光束が、第2フライアイ光学部材中の対応する第2ミラー要素を介して、被照射面であるマスクのパターン面に第1ミラー要素の像としての照明領域を重畳的に形成する。しかしながら、後述するように、第1フライアイ光学部材と第2フライアイ光学部材との相対的な配置などに起因してディストーションが発生し、被照射面に形成される第1ミラー要素の像は第1ミラー要素と相似な形状にはならない。その結果、複数の第1ミラー要素により波面分割された複数の光束が被照射面に形成する各照野は、所望の外形形状の重畳照明領域から外れて形成され、いわゆる照野の重なり誤差に起因する光量損失が発生する。
- [0007] 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、光量損失を小さく抑え、且つ光効率の高い所要の照明条件で被照射面を照明することを目的とする。

課題を解決するための手段

- [0008] 第1形態では、光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と

交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明する光学装置において、

前記光源と前記第1領域との間の光路中に配置されて、前記光源からの光を集光して、第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い第2領域を所定面に形成するコレクター光学部材と、

前記第2領域を含む所定面内に設けられ、前記コレクター光学部材の光を前記第1領域に導く複数の第1光学要素を有する第1フライアイ光学部材と

、

を備えることを特徴とする光学装置を提供する。

[0009] 第2形態では、光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明するために用いられる光学装置において、

前記光源と前記第1領域との間の光路中に設けられ、第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い外形形状を有する第1光学要素を、所定面に複数配列するとともに、配列された前記第1光学要素の集合体の前記第3方向と前記第4方向の長さが互いに異なる第1フライアイ光学部材と、

前記第1フライアイ光学部材と前記第1領域との間の光路中に設けられ、前記第1光学要素に光学的に対応するように設置された複数の第2光学要素を有する第2フライアイ光学部材と、

を備えることを特徴とする光学装置を提供する。

[0010] 第3形態では、光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明するために用いられる光学装置において、

第2領域を含む所定面内に設けられ、複数の第1光学要素を有する第1フライアイ光学部材を備え、

前記複数の第1光学要素のうちの少なくとも一つの光学要素が、前記第2領域と直交する面のうちで、第3方向に沿った面の曲率と、前記第3方向と交差する第4方向に沿った面の曲率とが互いに異なる光学面を有することを

特徴とする光学装置を提供する。

[0011] 第4形態では、前記第1領域に形成された所定のパターンを照明するための第1形態、第2形態、または第3形態の光学装置を備え、

前記所定のパターンを感光性基板に露光することを特徴とする露光装置を提供する。

[0012] 第5形態では、第4形態の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する現像工程と、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工する加工工程と、
を含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

[0013] 第6形態では、所定面内に設けられるフライアイ光学部材に光を供給する光源装置において、

光を発生する発光部と、

前記発光部で発生した光を集光して、第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い第2領域を前記所定面内に形成するコレクター光学部材と、を備えることを特徴とする光源装置を提供する。

[0014] 第7形態では、光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明する照明方法において、

所定面上の第2領域に前記光源からの光を集光して導くことと；

前記所定面上で第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い外形形状を有する複数の光束に波面分割することと；

該波面分割された複数の光束を前記第1領域へ導くことと；

を含み、

前記第2領域は、前記第3方向の長さよりも前記第4方向の長さが長い形状を有し、

前記所定面上での前記複数の光束は、前記第3方向と前記第4方向とに沿

って複数配列されることを特徴とする照明方法を提供する。

[0015] 第 8 形態では、第 7 形態の照明方法を用いて所定のパターン上の前記第 1 領域を照明することと；

前記所定のパターンを感光性基板に露光することと；

を含むことを特徴とする露光方法を提供する。

[0016] 第 9 形態では、第 8 形態の露光方法を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光することと；

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成することと；

；

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工することと；

を含むことを特徴とするデバイス製造方法を提供する。

[0017] 第 10 形態では、光源からの光により第 1 方向の長さよりも前記第 1 方向と交差する第 2 方向の長さが長い第 1 領域を照明するために用いられる光学装置の製造方法において、

前記光源からの光を集光して、第 3 方向の長さよりも前記第 3 方向と交差する第 4 方向の長さが長い第 2 領域を所定面に形成するコレクター光学部材を得ることと；

前記第 2 領域を含む所定面内に、複数の第 1 光学要素を有する第 1 フライアイ光学部材を設置することと；

を備えることを特徴とする光学装置の製造方法を提供する。

[0018] 第 11 形態では、光源からの光により第 1 方向の長さよりも前記第 1 方向と交差する第 2 方向の長さが長い第 1 領域を照明するために用いられる光学装置の製造方法において、

第 3 方向の長さよりも前記第 3 方向と交差する第 4 方向の長さが長い外形形状を有する複数の第 1 光学要素を準備することと；

前記複数の第 1 光学要素を前記第 3 方向と前記第 4 方向とに配列する前記第 1 光学要素の集合体が、前記第 3 方向の長さとも前記第 4 方向の長さとも互

いに異なる第1フライアイ光学部材を得ることと；
を備える光学装置の製造方法を提供する。

発明の効果

[0019] 本発明の一態様によれば、光量損失の発生を小さく抑え、且つ光効率の高い所要の照明条件で被照射面を照明することができる。その結果、高いスループットを達成することができる。

図面の簡単な説明

- [0020] [図1]本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。
[図2]本実施形態における1回の走査露光を概略的に説明する図である。
[図3]オプティカルインテグレータ中の第1フライアイ光学部材の構成を概略的に示す図である。
[図4]オプティカルインテグレータ中の第2フライアイ光学部材の構成を概略的に示す図である。
[図5]本実施形態にかかるコレクター光学部材の構成を概略的に示す第1の図である。
[図6]本実施形態にかかるコレクター光学部材の構成を概略的に示す第2の図である。
[図7]変形例にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。
[図8]変形例にかかるコレクター光学部材の構成を概略的に示す第1の図である。
[図9]変形例にかかるコレクター光学部材の構成を概略的に示す第2の図である。
[図10]第1ミラー要素と第2ミラー要素とが光学的に対応する様子を示す図である。
[図11]図7の変形例において第2ミラー要素上に一方向に細長い光源像が形成される様子を示す図である。
[図12]第2変形例において第1ミラー要素の反射面をトロイダル面状にすることにより第2ミラー要素上に形成される光源像の例を模式的に示す図であ

る。

[図13]第2変形例において第1ミラー要素の反射面をトロイダル面状にすることにより第2ミラー要素上に形成される光源像の別の例を模式的に示す図である。

[図14]図1の実施形態の構成に第2変形例の手法を適用して得られる効果を示す図である。

[図15]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いて、そのフローチャートを示す図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施形態にかかる露光装置の構成を概略的に示す図である。図1では、感光性基板であるウェハWの表面（露光面）の法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの表面において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハWの表面において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。図1を参照すると、本実施形態の露光装置では、DPP（Discharge Produced Plasma）タイプの光源ユニットLUと、コレクター光学部材1とを備える光源装置から露光光（照明光）が供給される。

[0022] DPPタイプの光源ユニットLUでは、ターゲット物質からなる電極、あるいは電極間にターゲット物質が存在する状態で電極間に電圧を印加すると、ある電圧を越えた時点で電極間に放電が生じ、ターゲット材料をプラズマ化する。この放電によって電極間に大電流が流れ、この電流によって生じる磁場によりプラズマ自身が微小空間内に圧縮され、プラズマ温度を上昇させる。この高温プラズマからEUV光が放出される。このように、放電によりプラズマにエネルギーを供給し（励起し）、EUV光を放出させる光源を一般にDPP光源と呼ぶ。

[0023] 光源ユニットLUから放射されたEUV光は、コレクター光学部材1を介して、コリメータ光学部材2に入射する。コレクター光学部材1は、光源ユニットLUからの光の入射順に、中央に貫通孔が形成された凹面反射鏡1a

と、同じく中央に貫通孔が形成された凸面反射鏡 1 b とを備えている。第 1 反射鏡としての凹面反射鏡 1 a は、光源ユニット L U に向かって凹面状の反射面を有し、第 2 反射鏡としての凸面反射鏡 1 b は凹面反射鏡 1 a に向かって凸面状の反射面を有する。

[0024] 光源ユニット L U の発光点 P 1 より発した発散光は、凸面反射鏡 1 b の貫通孔を介して、凹面反射鏡 1 a に入射する。凹面反射鏡 1 a の反射面で反射された光は、凸面反射鏡 1 b の反射面で反射された後、凹面反射鏡 1 a の貫通孔を介して、点 P 2 に集光する。すなわち、コレクター光学部材 1 は、光源ユニット L U からの光を反射して集光し、点 P 2 の位置に光源の一次像を形成する。点 P 2 で一旦集光した E U V 光は、点 P 2 の近傍に配置されたピンホール部材（不図示）を通過した後、凹面反射鏡の形態を有するコリメータ光学部材 2 を経てほぼ平行光束となり、所定面上の第 2 領域に整形される。第 2 領域に整形された E U V 光は、所定面上に設けられるフライアイ光学部材 3 1 の入射面から入射して、一对のフライアイ光学部材 3 1 および 3 2 からなるオプティカルインテグレータ 3 に導かれる。フライアイ光学部材 3 1 および 3 2 の構成および作用については後述する。

[0025] オプティカルインテグレータ 3 の射出面の近傍、すなわち第 2 フライアイ光学部材 3 2 の反射面の近傍位置（照明瞳の位置）には、所定の形状を有する実質的な面光源（瞳強度分布）が形成される。この実質的な面光源からの光は、平面状の反射面を有する偏向部材 4 および凹面反射鏡の形態を有するコンデンサー光学系 5 を経た後、照明光学系 I L（1～5）から射出される。上記の実質的な面光源が形成される照明光学系 I L の照明瞳の位置は、後述する投影光学系 P L の入射瞳の位置、または投影光学系 P L の入射瞳と光学的に共役な位置である。

[0026] 照明光学系 I L から射出された光は、反射型のマスク（レチクル）M にほぼ平行に且つ近接して配置された視野絞り（不図示）の円弧状の開口部（光透過部）を介して、マスク M のパターン面上に円弧状の重畳照明領域（第 1 領域）を形成する。マスク M には、転写すべきパターンとして、例えばデバ

イス用の回路パターンが形成されている。照明光学系 I L は、光源ユニット L U からの光により照明瞳に実質的な面光源からなる瞳強度分布を形成し、この瞳強度分布からの光によりマスク M 上のパターンをケーラー照明する。

[0027] マスク M は、そのパターン面が X Y 平面に沿って延びるように、Y 方向に沿って移動可能なマスクステージ M S によって保持されている。マスクステージ M S の移動は、周知の構成を有するレーザ干渉計（不図示）により計測される。照明されたマスク M のパターンからの光は、反射型の投影光学系 P L を介して、感光性基板であるウェハ W 上にマスクパターンの像を形成する。すなわち、ウェハ W 上には、後述するように、たとえば Y 軸に関して対称な円弧状の静止露光領域（実効露光領域）が形成される。

[0028] 投影光学系 P L は、一例として、マスク M のパターンの中間像を形成する第 1 反射結像光学系と、マスクパターンの中間像の像（マスク M のパターンの二次像）をウェハ W 上に形成する第 2 反射結像光学系とにより構成されている。第 1 反射結像光学系は 4 つの反射鏡 M R 1 ~ M R 4 により構成され、第 2 反射結像光学系は 2 つの反射鏡 M R 5 および M R 6 により構成されている。また、投影光学系 P L はウェハ側（像側）にテレセントリックな光学系である。

[0029] ウェハ W は、その露光面が X Y 平面に沿って延びるように、X 方向および Y 方向に沿って二次元的に移動可能なウェハステージ W S によって保持されている。ウェハステージ W S の移動は、周知の構成を有するレーザ干渉計（不図示）により計測される。こうして、マスクステージ M S およびウェハステージ W S を Y 方向に沿って移動させながら、すなわち投影光学系 P L に対してマスク M およびウェハ W を Y 方向に沿って相対移動させながら走査露光（スキャン露光）を行うことにより、ウェハ W の 1 つの矩形状のショット領域にマスク M のパターンが転写される。

[0030] このとき、投影光学系 P L の投影倍率（転写倍率）が例えば $1/4$ である場合、ウェハステージ W S の移動速度をマスクステージ M S の移動速度の $1/4$ に設定して同期走査を行う。また、ウェハステージ W S を X 方向および

Y方向に沿って二次元的にステップ移動させながら走査露光を繰り返すことにより、ウェハWの各ショット領域にマスクMのパターンが逐次転写される。なお、上述の説明では、マスクをY方向に移動させているが、Y方向に対して斜めの方向にマスクを移動（斜め走り）させても良い。

[0031] 図2は、本実施形態における1回の走査露光を概略的に説明する図である。図2を参照すると、本実施形態の露光装置では、投影光学系PLの円弧状の有効結像領域および有効照明領域に対応するように、Y軸に関して対称な円弧状の静止露光領域ERがウェハWの表面上に形成され、同じくY軸に関して対称な円弧状の第1領域がマスクMのパターン面上に形成される。換言すれば、Y方向は第1領域および静止露光領域ERの円弧状の外形形状の中心を通る円弧状の辺の法線方向に対応し、X方向はY方向に垂直な方向に対応している。円弧状の露光領域ERは、1回の走査露光（スキャン露光）によりウェハWの矩形状の1つのショット領域SRにマスクMのパターンを転写する際に、図中実線で示す走査開始位置から図中破線で示す走査終了位置まで移動する。

[0032] オプティカルインテグレータ3において、第1フライアイ光学部材31は、図3に示すように、複数の第1ミラー要素（第1光学要素）31aを備えている。複数の第1ミラー要素31aは、凹面反射鏡の形態を有し、照明光学系ILの被照射面であるマスクMのパターン面と光学的に共役な位置における所定面に、並列配置されている。第2フライアイ光学部材32は、図4に示すように、複数の第2ミラー要素（第2光学要素）32aを備えている。複数の第2ミラー要素32aは、凹面反射鏡の形態を有し、複数の第1ミラー要素31aと光学的に一対一対応するように並列配置されている。

[0033] 図3では、第1フライアイ光学部材31の入射面において、X方向に対応する方向にx1方向を設定し、その入射面においてx1方向と直交する方向にy1方向を設定している。なお、第1フライアイ光学部材31の入射面とは、所定面内で複数の第1ミラー要素31aの反射面が占める領域である。同様に、図4では、第2フライアイ光学部材系32の入射面においてX方向

に対応する方向に x 2 方向を設定し、その入射面において x 2 方向と直交する方向に y 2 方向を設定している。なお、第 2 フライアイ光学部材 3 2 の入射面とは、所定面内で複数の第 2 ミラー要素 3 2 a の反射面が占める領域である。すなわち、図 3 および図 4 における y 1, y 2 方向は、マスク M およびウェハ W の走査方向（ Y 方向）に対応している。図 3 および図 4 では、図面の明瞭化のために、一对のフライアイ光学部材 3 1, 3 2 を構成する多数のミラー要素 3 1 a, 3 2 a のうちの一部だけを表している。

[0034] 第 1 フライアイ光学部材 3 1 は、図 3 に示すように、円弧状の外形形状を有する第 1 ミラー要素 3 1 a を縦横に配置することにより構成されている。すなわち、第 1 ミラー要素 3 1 a は、円弧状の辺が互いに隣り合うように y 1 方向に並んで配置され、且つ円弧状の両端が互いに隣り合うように x 1 方向に並んで配置されている。第 1 ミラー要素 3 1 a が円弧状の外形形状を有するのは、上述したように、投影光学系 P L の円弧状の有効結像領域および有効照明領域に対応して、マスク M 上に円弧状の外形形状を有する第 1 領域を形成し、ひいてはウェハ W 上に円弧状の静止露光領域 E R を形成するためである。

[0035] 円弧状の外形形状を有する第 1 領域を照明する場合、第 1 領域に対応した外形形状を有する光学要素とは、円弧状の外形形状を有する光学要素とすることができる。例えば、少なくとも一つの光学要素の外形形状は、第 1 領域の外形形状と相似な形状、第 1 領域の外形形状と姿勢、曲率、 X 方向および Y 方向のアスペクト比等が異なる形状を有する。なお、第 1 領域および光学要素は、円弧状の外形形状を有する場合に限定されない。矩形状の外形形状を有する第 1 領域を照明する場合、第 1 領域に対応した外形形状を有する光学要素とは、矩形状の外形形状を有する光学要素とすることができる。このとき、光学要素の外形形状は、第 1 領域の外形形状と相似な形状、第 1 領域の外形形状と姿勢、曲率、 X 方向および Y 方向のアスペクト比等が異なる形状を有する。また、第 1 領域の外形形状と光学要素の外形形状とが異なっても良い。例えば、光学要素の外形形状は矩形状であり、光学要素で反射

された照明光は、光学要素と第1領域との間に設けられた光学系によって、円弧状の外形形状を有する第1領域を形成するように、光学要素を構成しても良い。その他、様々な形状の第1領域を照明することやそれに対応した外形形状を有する光学要素を用いることができる。

[0036] 一方、第2フライアイ光学部材32は、図4に示すように、例えば正方形に近い矩形の外形形状を有する第2ミラー要素32aを縦横に配置することにより構成されている。すなわち、第2ミラー要素32aは、矩形の辺が互いに隣り合うようにx2方向およびy2方向に並んで配置されている。第2ミラー要素32aが正方形に近い矩形の外形形状を有するのは、各第2ミラー要素32aの表面またはその近傍にほぼ円形状の小光源が形成されるからである。なお、第2ミラー要素32aの外形は、正方形または長方形に限定されることなく、四角形以外の多角形状（三角形～八角形など）でもよい。また、光量損失を最小限にするために、敷き詰め可能（隙間なく光学要素を配置することが可能）な形状が好ましい。

[0037] 第1フライアイ光学部材31の各々の第1要素ミラー31aの集合体の包絡線が楕円形状になっているのは、後述するように、オプティカルインテグレータ3に入射する光束（すなわち第1フライアイ光学部材31に入射する光束）の断面形状が楕円形状であり、照明効率を高めるためである。また、第2フライアイ光学部材32の各々の第2要素ミラー32aの集合体の包絡線が円形状に近い形状になっているのは、オプティカルインテグレータ3の射出面（すなわち第2フライアイ光学部材32の射出面）の近傍の照明瞳に形成される瞳強度分布（実質的な面光源）の外形形状がほぼ円形状であるためである。

[0038] なお、第1要素ミラー31aの集合体の包絡線は、楕円形状に限らず、y1方向の長さよりもx1方向の長さが長い形状のものであれば良い。例えば、長方形、多角形状、長円等、様々な形状の包絡線が描けるように第1要素ミラー31aを配置すれば良い。また、第2要素ミラー32aの集合体の包絡線も、円形状に近い形状に限らず、例えば、真円、楕円、長円、長方形

状、多角形状等、様々な形状の包絡線が描けるように、第2要素ミラー32aを配置すれば良い。

[0039] 本実施形態において、オプティカルインテグレータ3に入射した光束は、第1フライアイ光学部材31中の複数の第1ミラー要素31aにより波面分割される。各第1ミラー要素31aにより反射された光束は、第2フライアイ光学部材32中の対応する第2ミラー要素32aに入射する。各第2ミラー要素32aにより反射された光束は、導光光学系としての偏向部材4およびコンデンサー光学系5を介して、マスクM上の円弧状の第1領域を重疊的に照明する。

[0040] 以下、本実施形態の特徴的な構成および作用の説明に先立って、従来技術における不都合を説明する。図1を参照すると、光源ユニットLUから光が、第1フライアイ光学部材31と第2フライアイ光学部材32との間で折り返された後、マスクMへ導かれる。第1フライアイ光学部材31へ入射する光が第2フライアイ光学部材32によって遮られることがなく、且つ第2フライアイ光学部材32から射出される光が第1フライアイ光学部材31によって遮られることがないように構成するには、第1フライアイ光学部材31と第2フライアイ光学部材32とを正対させて光を垂直入射させることはできず、図1の紙面に沿ってある程度横ずれした状態に配置して光を斜入射させる必要がある。

[0041] この場合、第2フライアイ光学部材32を構成する第2ミラー要素32aは、第1フライアイ光学部材31を構成する第1ミラー要素31aを斜め方向（第2フライアイ光学部材32の入射面の法線方向に対して傾いた方向）に見ていることになる。別の表現をすれば、第2ミラー要素32aから見て、第1ミラー要素31aは歪んで見える。このため、複数の第2ミラー要素32aは、それぞれ対応する第1ミラー要素31aを被照射面であるマスクMのパターン面へ投影するが、この斜め方向から第1ミラー要素31aを見込む効果により、マスクMへ投影された第1ミラー要素31aの像は第1ミラー要素31aと正確に相似な形状にはならない。

[0042] 言い換えれば、第1フライアイ光学部材31と第2フライアイ光学部材32との相対的な配置などに起因して、ディストーションが発生する。その結果、複数の第1ミラー要素31aにより波面分割された複数の光束がマスクMのパターン面に形成する円弧状の各照野は、所望の円弧状の第1領域から外れて形成され、いわゆる照野の重なり誤差に起因する光量損失が発生する。

[0043] 次に、本発明の態様の特徴的な構成について説明する。オプティカルインテグレータ3は、光束を複数の光束に波面分割し、これらの複数の光束を被照射面（例えばマスクMのパターン面、ひいてはウェハWの露光面）上で重畳することにより第1領域における照度分布を均一化する光学素子である。そのため、オプティカルインテグレータ3は、均一化のために必要な所要数の光学要素（例えばミラー要素31a, 32a）を備えることができる。また、均一化は縦方向（例えばy1方向, y2方向）と横方向（例えばx1方向, x2方向）とで比較的独立しているので、横方向にも縦方向にも所定の数以上の列数の光学要素としてもよい。

[0044] ここで、第1フライアイ光学部材31におけるミラー要素31aのx1方向の列数をnとする。また、第1フライアイ光学部材31の各々の第1要素ミラー31aの集合体の包絡線が円形状であって、その直径がDfであるものとする。この場合、ミラー要素31aのx1方向の寸法は、 Df/n になる。x1方向の列数nは、均一化のためには多ければ多いほど良く、5以上とすることができる。

[0045] 第1フライアイ光学部材31と第2フライアイ光学部材32との間隔をFfとし、第2フライアイ光学部材32の各々の第2要素ミラー32aの集合体の包絡線が円形状であってその直径がDpであるものとする。第2フライアイ光学部材32とマスクMとの間に介在する導光光学系の焦点距離、すなわちコンデンサー光学系5の焦点距離をFcとする。なお、第2フライアイ光学部材32とマスクMとの間にパワーを有する光学系が介在しない構成の場合、第2フライアイ光学部材32からマスクMまでの距離をFcとするこ

とができる。

[0046] マスクM上に形成すべき円弧状の第1領域のX方向に沿った寸法を W_i とし、マスクMへ入射する光束に要求される開口数を NA_i とすると、次の式(1)および(2)に示す関係が成立する。なお、光学要素の製造誤差などを加味する必要があるが、ここでは説明を簡単にするために光学要素の製造誤差などの影響を無視する。

$$W_i \doteq (D_f / n) \times (F_c / F_f) \quad (1)$$

$$NA_i \doteq D_p / (2 \times F_c) \quad (2)$$

[0047] 式(1)は、第1フライアイ光学部材31の各ミラー要素31aとマスクMのパターン面とが光学的に共役であって、その結像倍率が F_c / F_f であることに対応している。式(2)は、第2フライアイ光学部材32の各ミラー要素32aが開口絞りの機能を果たしていることに対応している。さて、「直径の和に対して間隔を大きく設定する」ということは、次の式(3)において右辺Iの値を小さく設定することに他ならない。

$$(D_f + D_p) / F_f = I \quad (3)$$

[0048] 以下、式(3)の右辺Iの値が式(1)および(2)により受ける制約について考察する。円弧状の第1領域のX方向に沿った寸法 W_i およびマスクMへの入射光束の開口数 NA_i は、露光装置の仕様により決まる。照明光学系ILを設計する立場からすれば、 W_i および NA_i は定数である。そこで、式(1)、(2)を、次の式(4)、(5)に示すように変形する。また、式(4)、(5)を式(3)に代入すると、次の式(6)に示す関係が得られる。

$$[0049] \quad D_f \doteq W_i \times n \times (F_f / F_c) \quad (4)$$

$$D_p \doteq NA_i \times (2 \times F_c) \quad (5)$$

$$I \doteq W_i \times n / F_c + 2 \times NA_i \times (F_c / F_f) \quad (6)$$

[0050] 式(6)を参照すると、左辺のIの値を小さくするにはどうすれば良いかが明確である。まず、第1フライアイ光学部材31におけるミラー要素31aのx1方向の列数nを小さくすれば良い。しかしながら、上述したように

、列数 n は、光学設計の立場から十分な均一化のためにむしろ大きくしたい変数であり、小さくすることはできない。 W_i および NA_i は、上述したように定数として扱っている。式 (6) の右辺において残る変数は、一对のフライアイ光学部材 31 と 32 との間隔 F_f 、およびコンデンサー光学系 5 の焦点距離 F_c だけである。

[0051] この場合、 I の値を小さくするには、コンデンサー光学系 5 の焦点距離 F_c を大きく設定するとともに、焦点距離 F_c よりも大きい増大率にしたがって間隔 F_f を大きく設定するしかない。しかしながら、式 (4) を参照すると明らかなように、焦点距離 F_c よりも大きい増大率にしたがって間隔 F_f を大きく設定すると、第 1 フライアイ光学部材 31 の直径 D_f が大きくなる。また、式 (5) を参照すると明らかなように、焦点距離 F_c を大きく設定すると、第 2 フライアイ光学部材 32 の直径 D_p が大きくなる。

[0052] その結果、オプティカルインテグレータ 3 が大型化し、ひいては照明光学系 IL が大型化してしまう。さらに最近では、EUV 露光装置における解像力の向上のために、マスク M への入射光束の開口数 NA_i をさらに大きく設定することが検討されている。式 (6) を参照すると明らかなように、開口数 NA_i がさらに大きくなれば、左辺の I の値も大きくなり、オプティカルインテグレータ 3 の更なる大型化を招くことになる。

[0053] 本実施形態では、図 3 に示すように、第 1 フライアイ光学部材 31 の各々の第 1 要素ミラー 31a の集合体の包絡線を、 x_1 方向に長径 D_{fx} を有し且つ y_1 方向に短径 D_{fy} を有する楕円形状に設定している。この場合、上述の式 (1)、(3) および (4) は、次の式 (1A)、(3A) および (4A) に示すように書き換えられる。

$$W_i \doteq (D_{fx} / n) \times (F_c / F_f) \quad (1A)$$

$$(D_{fy} + D_p) / F_f = I \quad (3A)$$

$$D_{fx} \doteq W_i \times n \times (F_f / F_c) \quad (4A)$$

[0054] したがって、長径 D_{fx} が短径 D_{fy} の m 倍 ($m > 1$) であるものとして $D_{fx} = m \times D_{fy}$ で表すと、上述の式 (6) は次の式 (6A) に示すよう

に書き換えられる。式(6)と式(6A)とを比較すると、式(6A)の右辺の第1項の値が式(6)の右辺の第1項の値の $1/m$ ($1/m < 1$)倍になっており、その分だけIの値が小さくなることがわかる。

$$I \doteq (W_i \times n / F_c) / m + 2 \times NA_i \times (F_c / F_f) \quad (6A)$$

[0055] 従来、第1フライアイ光学部材31の各々の第1要素ミラー31aの集合体の包絡線が円形状に近い形状になっていたのは、光源から供給される発散光の広がり角が方向に寄らず一定で円形状の断面を有し、ひいては第1フライアイ光学部材31に入射する光束が円形状の断面を有するからである。本実施形態では、第1フライアイ光学部材31の各々の第1要素ミラー31aの集合体の包絡線をx1方向に細長い形状に設定することにより、フライアイ光学部材31および32の大型化を招くことなく式(6A)の左辺Iの値を小さくすることができる。このとき、第1要素ミラー31aの集合体の包絡線は、x1方向に細長い楕円形状として良い。

[0056] なお、第1フライアイ光学部材31に、x1方向に細長い断面形状を有する光束を入射させると、第1フライアイ光学部材31での照明効率を高く維持できる。このときには、光源ユニットLUの発光点P1より発した円形状の断面を有する光束(光の広がり角が方向に寄らず一定の光束)を、x1方向に細長い形状の断面を有する光束に変換して第1フライアイ光学部材31へ入射させるように、コレクター光学部材1を構成すればよい。このとき、コレクター光学部材1から第1フライアイ光学部材31に入射する光束の断面は、x1方向に細長い楕円形状とすることができる。

[0057] こうして、本実施形態の照明光学系ILでは、オプティカルインテグレータ3の大型化を招くことなくディストーションの発生を抑え、ひいては照野の重なり誤差に起因する光量損失の発生を小さく抑え且つ光効率の高い所要の照明条件でマスクMを照明することができる。その結果、本実施形態の露光装置では、光量損失を小さく抑え且つ光効率の高い所要の照明条件でマスクMを照明する照明光学系ILを用いて、良好な照明条件の下で良好な露光を行うことができる。

- [0058] すなわち、本実施形態では、オプティカルインテグレータ 3 の大型化を招くことなく、ディストーションの発生を抑え、ひいては照野の重なり誤差に起因する光量損失の発生を小さく抑えることができる。その結果、本実施形態の露光装置では、光量損失を小さく抑えるオプティカルインテグレータ 3 を備えて光効率の高い所要の照明条件でマスク M を照明する照明光学系 I L を用いて、良好な照明条件の下で良好な露光を行うことができる。
- [0059] 図 5 および図 6 は、本実施形態にかかるコレクター光学部材の構成を概略的に示す図である。図 5 および図 6 では、第 1 フライアイ光学部材 3 1 の入射面（第 2 領域）における x 1 方向および y 1 方向に対応する方向に x 3 方向および y 3 方向を設定し、x 3 方向および y 3 方向に垂直な方向に z 3 方向を設定している。すなわち、図 5 および図 6 における y 3 方向は走査方向である Y 方向に対応し、x 3 方向は走査方向と直交する X 方向に対応している。図 5 は x 3 z 3 平面に沿った光線を示し、図 6 は y 3 z 3 平面に沿った光線を示している。
- [0060] 次の表（1）に、本実施形態にかかるコレクター光学部材の諸元の値を掲げる。表（1）は、ORA（Optical Research Associates）社の光学設計ソフトである「Code V」の書式に従って記述されている。表（1）において、RDY は面の曲率半径（非球面の場合には頂点曲率半径；単位：mm）を、THI は当該面から次の面までの距離すなわち面間隔（単位：mm）を、RMD は当該面が反射面であるか屈折面であるかを示している。REFL は、反射面を意味する。INFINITY は無限大を意味し、RDY が INFINITY であれば、その面が平面であることを意味している。
- [0061] OBJ は発光点 P 1 を、STO は仮想的な開口絞りの面を、IMG は集光点 P 2 を示している。面番号 1 は仮想面を、面番号 2 は第 1 反射鏡としての凹面反射鏡 1 a の反射面を、面番号 4 は第 2 反射鏡としての凸面反射鏡 1 b の反射面を示している。SPS ZRN は、各反射鏡 1 a, 1 b の反射面がべき級数で表される非球面であることを意味している。表（1）の表記のうち非球面の表現を除く部分は、後述の表（2）においても同様である。

[0062]

表 (1)

	RDY	THI	RMD	GLA
OBJ:	INFINITY	0.000000		
1:	INFINITY	1500.000124		
2:	-432.83272	-949.999641	REFL	
SPS ZRN:				
SC0				
	K: -9.4341E-01	ZP4: -1.8270E-05	ZP5: 4.3276	
E-04	ZP11: 4.3260E-13	ZP12: -1.9463E-12	ZP13: 1.0935	
E-11	ZP22: -2.6779E-20	ZP23: -6.7188E-20	ZP24: -7.5913	
E-20	ZP25: 4.5844E-19	ZP38: -2.9880E-29	ZP39: -3.1230	
E-27	ZP40: 2.1408E-26	ZP41: 2.6357E-27	ZP56: 1.1351	
E-33	ZP57: -1.6723E-33	ZP58: -3.4764E-34	ZP59: 7.2244	
E-34	ZP60: -4.0069E-33	ZP61: 3.9159E-33		
ST0:	INFINITY	-500.000000		
4:	-0.00000	1800.000000	REFL	
SPS ZRN:				
SC0				
	K: -1.4290E+33	ZP4: -2.5757E-04	ZP5: -1.9264	
E-04	ZP11: -3.4980E-11	ZP12: 3.1541E-12	ZP13: 4.8114	
E-11				

ZP22: -8.3924E-17 ZP23: 6.3352E-17 ZP24: 3.2097
E-17
ZP25: -5.6027E-17 ZP38: 7.4668E-23 ZP39: -5.3416
E-24
ZP40: 1.9365E-23 ZP41: 5.7693E-23 ZP56: 2.3481
E-28
ZP57: 3.9143E-29 ZP58: 1.4709E-30 ZP59: 2.1537
E-29
ZP60: 8.3116E-30 ZP61: -1.0180E-29
IMG: INFINITY 0.000000

[0063] 本実施形態において、発光点P 1より発する発散光は、その広がり角が方向に寄らず一定で円形状の断面を有する。この円形状の断面を有する発散光は、凹面反射鏡1 aの非球面形状の反射面および凸面反射鏡1 bの非球面形状の反射面を経て、x 3方向に長径を有し且つy 3方向に短径を有する楕円形状の断面を有する光束に変換され、点P 2に集光する。その結果、集光点P 2を経て第1フライアイ光学部材3 1に入射する光束は、x 1方向に長径を有し且つy 1方向に短径を有する楕円形状の断面を有する。本実施形態では、第1フライアイ光学部材3 1への入射光束の断面の長径と短径との比は、2 : 1である。

[0064] なお、上述の実施形態では、DPPタイプの光源ユニットLUを用いている。しかしながら、これに限定されることなく、例えば図7に示すように、LPP (Laser Produced Plasma) タイプの光源ユニットLU'を用いる変形例も可能である。LPPタイプの光源ユニットLU'では、レーザ光をターゲット上に集光し、ターゲットをプラズマ化してEUV光を得る。

[0065] 図7の変形例は、図1の実施形態と類似の構成を有する。しかしながら、図7の変形例は、DPPタイプの光源ユニットLUに代えてLPPタイプの光源ユニットLU'を用いるとともに、LPPタイプの光源ユニットLU'に応じた構成のコレクター光学部材1 1を用いている点が、図1の実施形態

と相違している。以下、図1の実施形態との相違点に着目して、図7の変形例の構成および作用を説明する。

[0066] 本実施形態にかかる光源装置は、光源ユニットLU'とコレクター光学部材11とを備えている。光源ユニットLU'は、レーザ光源21、集光レンズ22、ノズル23およびダクト24を備えている。光源ユニットLU'では、たとえばキセノン(Xe)からなる高圧ガスがノズル23より供給され、ノズル23から噴射されたガスが気体ターゲット25を形成する。そして、レーザ光源21から発した光(非EUV光)が、集光レンズ22を介して、気体ターゲット25上に集光する。

[0067] 気体ターゲット25は、集光されたレーザ光によりエネルギーを得てプラズマ化し、EUV光を発する。すなわち、気体ターゲット25の位置が発光点P1となる。光源ユニットLU'の発光点P1から発したEUV光は、楕円凹面反射鏡に類似した形態を有するコレクター光学部材11により集光された後、コリメータ光学部材2を介して、第1フライアイ光学部材31へ導かれる。発光を終えたガスは、ダクト24を介して吸引されて外部へ導かれる。

[0068] 図8および図9は、図7に示した変形例にかかるコレクター光学部材の構成を概略的に示す図である。図8および図9では、第1フライアイ光学部材31の入射面(受光面)におけるx1方向およびy1方向に対応する方向にx4方向およびy4方向を設定し、x4方向およびy4方向に垂直な方向にz4方向を設定している。すなわち、図8および図9におけるy4方向は走査方向であるY方向に対応し、x3方向は走査方向と直交するX方向に対応している。図8はx4z4平面に沿った光線を示し、図9はy4z4平面に沿った光線を示している。

[0069] 次の表(2)に、変形例にかかるコレクター光学部材の諸元の値を掲げる。表(2)において、「x4方向のデータ」の欄は図8のx4z4平面に沿った光線に関するデータを、「y4方向のデータ」の欄は図9のy4z4平面に沿った光線に関するデータをそれぞれ示している。OBJは発光点P1を、

面番号 1 は仮想面を、ST0はコレクター光学部材 1 1 を構成する凹面反射鏡の反射面を、IMGは集光点 P 2 x, P 2 y を示している。ASPは、べき級数で表される非球面であることを意味している。

[0070]

表 (2)

< x 4 方向のデータ >

	RDY	THI	RMD	GLA
OBJ:	INFINITY	0.000000		
1:	INFINITY	150.000000		
ST0:	-256.06602	-874.264069	REFL	
ASP:				
K :	-0.500000			
IG :	YES	CUF: 0.000000		
A :	0.000000E+00	B :0.000000E+00	C :0.000000E+00	D :0.000000E+00
IMG:	INFINITY	0.000000		

< y 4 方向のデータ >

	RDY	THI	RMD	GLA
OBJ:	INFINITY	0.000000		
1:	INFINITY	150.000000		
ST0:	-266.18950	-1180.947502	REFL	
ASP:				
K :	-0.600000			
IG :	YES	CUF: 0.000000		
A :	0.000000E+00	B :0.000000E+00	C :0.000000E+00	D :0.000000E+00
IMG:	INFINITY	0.000000		

[0071] 図 7 の変形例では、図 8 に示すように、コレクター光学部材 1 1 を構成する凹面反射鏡の反射面と、発光点 P 1 を通って x 4 z 4 平面に平行な面との

交線が、発光点 P_1 に一方の焦点を有し且つ点 P_{2x} に他方の焦点を有する楕円の一部に対応している。また、図 9 に示すように、コレクター光学部材 11 の反射面と、発光点 P_1 を通って $y_4 z_4$ 平面に平行な面との交線が、発光点 P_1 に一方の焦点を有し且つ点 P_{2y} に他方の焦点を有する楕円の一部に対応している。

[0072] 変形例においても、発光点 P_1 から供給される発散光は、その広がり角が方向に寄らず一定で円形状の断面を有する。この円形状の断面を有する発散光のうち、 $x_4 z_4$ 平面に沿った光線はコレクター光学部材 11 の非球面形状の反射面を経て点 P_{2x} に集光し、 $y_4 z_4$ 平面に沿った光線はコレクター光学部材 11 の非球面形状の反射面を経て点 P_{2x} よりもコレクター光学部材 11 から離れた点 P_{2y} に集光する。こうして、発光点 P_1 からの円形状の断面を有する発散光は、コレクター光学部材 11 の非球面形状の反射面を経て、 x_4 方向に長径を有し且つ y_4 方向に短径を有する楕円形状の断面を有する光束に変換される。

[0073] その結果、第 1 フライアイ光学部材 31 に入射する光束は、 x_1 方向に長径を有し且つ y_1 方向に短径を有する楕円形状の断面を有する。変形例では、第 1 フライアイ光学部材 31 への入射光束の断面の長径と短径との比は、1. 1 : 1 である。コレクター光学部材 11 は、光源ユニット LU' からの光を反射して集光し、光源の一次像を形成する。この変形例では、 $x_4 z_4$ 平面に沿った光線の集光点 P_{2x} と $y_4 z_4$ 平面に沿った光線の集光点 P_{2y} とが一致しない。このため、第 2 フライアイ光学部材 32 のミラー要素 32a 上で光束を十分に絞ることが困難になる。ただし、光源のサイズが十分に小さく、ミラー要素 32a 上から光束がはみ出さなければ特に問題はない。

[0074] 変形例にかかるコレクター光学部材 11 では、例えば、オプティカルインテグレータ 3 の第 1 フライアイ光学部材 31 に入射する入射光束のうち、 $y_4 z_4$ 面内を伝播する光線は、光源ユニット LU' の発光点（すなわち光源） P_1 とマスク M との間の集光位置 P_{2y} で集光し、 $x_4 z_4$ 面内を伝播す

る光線は、光源ユニットLU'の発光点P1と集光位置P2yの間の集光位置P2xで集光する。

[0075] 別の表現をすれば、光源ユニットLU'の発光点P1とマスクMとの間の集光位置P2yに集光する光は、光源ユニットLU'からの光のうち、コレクター光学部材11を構成する凹面反射鏡の集光面のy4z4断面を伝播する。同時に、光源ユニットLU'の発光点P1と集光位置P2yとの間の集光位置P2xで集光する光は集光面のx4z4断面を伝播する。コレクター光学部材11では、集光面の曲率が、y4方向を含むy4z4断面とx4方向を含むx4z4断面（y4z4断面と直交する断面）とで異なっている。例えば、集光面におけるy4z4断面の曲率半径よりもx4z4断面の曲率半径が大きくなっている。

[0076] すなわち、図7の変形例では、コレクター光学部材11のx4z4断面の集光面で集光された光が、コレクター光学部材11とマスクM上の重畳照明領域（第1領域）との間の光学系（2～5）によって重畳照明領域に投影される方向が、X方向である。また、コレクター光学部材11のy4z4断面の集光面で集光された光が、光学系（2～5）によって重畳照明領域に投影される方向が、Y方向である。

[0077] なお、上述の説明では、第1フライアイ光学部材31の複数の第1ミラー要素31aと、第2フライアイ光学部材32の複数の第2ミラー要素32aとが光学的に対応している。ここで、「光学的に対応する」とは、例えば図10に示すように、複数の第1ミラー要素31aのうち一つのミラー要素31aで反射した光が、複数の第2ミラー要素32aのうちのいずれか一つのミラー要素32aで反射されることである。具体的に、図10では、第1ミラー要素31a1, 31a2, 31a3, 31a4, および31a5で反射した光が、第2ミラー要素32a1, 32a2, 32a3, 32a4, および32a5にそれぞれ入射している。

[0078] すなわち、第1ミラー要素31a1と第2ミラー要素32a1とが光学的に対応している。同様に、第1ミラー要素31a2～31a5と、第2ミラー

一要素 $3\ 2\ a\ 2\ \sim\ 3\ 2\ a\ 5$ とがそれぞれ光学的に対応している。ただし、複数の第1ミラー要素 $3\ 1\ a$ と複数の第2ミラー要素 $3\ 2\ a$ とは一対一対応している必要はなく、ある第1ミラー要素で反射された光と別の第1ミラー要素で反射された光とが、同じ第2ミラー要素で反射されてもよい。もしくは、第1ミラー要素で反射された光を反射しない第2ミラー要素があってもよい。照明条件を変える際に、複数の第1ミラー要素と複数の第2ミラー要素との光学的な対応関係を変えても良い。

[0079] さらに、第1フライアイ光学部材 $3\ 1$ に入射する光束の断面における強度分布が楕円形状であっても、第2フライアイ光学部材 $3\ 2$ に入射する光束の断面（瞳面）における強度分布を円形状にすることができる。なお、瞳面における強度分布は円形状に限定されず、二極や四極、輪帯、方形状、楕円形状等にしてもよい。このような場合であっても、ウェハ W に形成されるパターンの解像力を、直交する2方向（例えば、 X 方向と Y 方向）で等しくすることができる。この際、複数の第1ミラー要素と複数の第2ミラー要素との光学的な対応関係が調整されていてもよい。

[0080] ところで、図7の変形例では、コレクター光学部材 $1\ 1$ の集光面の曲率が $y\ 4$ 方向を含む $y\ 4\ z\ 4$ 断面と $x\ 4$ 方向を含む $x\ 4\ z\ 4$ 断面とで異なっているため、 $x\ 4\ z\ 4$ 平面に沿った光の集光点 $P\ 2\ x$ と $y\ 4\ z\ 4$ 平面に沿った光の集光点 $P\ 2\ y$ とが光軸方向に一致しない。その結果、第2フライアイ光学部材 $3\ 2$ の第2ミラー要素 $3\ 2\ a$ の反射面には、図11に示すように、デフォーカスした光源像（光源の二次像） $4\ 1$ が形成される。

[0081] 光源像 $4\ 1$ の外形形状は、第1フライアイ光学部材 $3\ 1$ により波面分割された光束の断面形状の影響（すなわちコレクター光学部材 $1\ 1$ の集光面の曲率の異方性の影響）により、非点収差が生じるため、一方向に対して他方が長くなる。光源像 $4\ 1$ （すなわち第2ミラー要素 $3\ 2\ a$ に入射する光束）が第2ミラー要素 $3\ 2\ a$ の反射面からはみ出さなければ、特に問題はない。しかしながら、光源像 $4\ 1$ が大き過ぎて第2ミラー要素 $3\ 2\ a$ の反射面からはみ出すと、光量損失が発生するだけでなく、マスク M 上の重畳照明領域にお

ける照野の重なり誤差の発生原因になってしまう。

- [0082] 一般に、マスクM上の重畳照明領域における照度分布の均一化のために、第1フライアイ光学部材31での波面分割数が増大する傾向、すなわち第1ミラー要素31aおよび第2ミラー要素32aの反射面が小型化する傾向がある。第2ミラー要素32aを小型化すると、光源像41が第2ミラー要素32aの反射面からはみ出して、光量損失および重畳照明領域の崩れが発生する可能性が高くなる。
- [0083] 第2変形例では、第1ミラー要素31aの反射面をトロイダル面状にすることにより、図12に模式的に示すように、第2ミラー要素32a上に形成される光源像42のサイズを小さく抑え、ひいては光量損失および重畳照明領域の崩れの発生を回避する。具体的に、第2変形例では、第1ミラー要素31aの反射面を、x1方向に沿った面の曲率とy1方向に沿った面の曲率とが互いに異なるトロイダル面状に形成する。
- [0084] 換言すれば、第1ミラー要素31aの反射面が球面形状である場合に得られる一方向に細長い光源像41が、全体的にあまりデフォーカスしていない比較的サイズの小さい光源像42になるように、第1ミラー要素31aの反射面に対して、x1方向に沿った所要の曲率およびy1方向に沿った所要の曲率を付与する。その結果、第1ミラー要素31aの反射面のx1方向に沿った曲率とy1方向に沿った曲率とは互いに異なるものとなる。
- [0085] ただし、光源像42のサイズを小さくし過ぎると、第2ミラー要素32aの反射面を形成する多層膜が光照射により熱変形したり損傷を受けたりし易くなることがある。その場合、第1ミラー要素31aの反射面のx1方向に沿った曲率およびy1方向に沿った曲率を適宜調整することにより、図13に示すように全体的にデフォーカスした比較的サイズの大きい光源像43を積極的に形成し、多層膜の熱変形および損傷を軽減することができる。
- [0086] 具体的な数値例として、コレクター光学部材11を構成する凹面反射鏡の集光面のy4方向に沿った曲率 C_{y4} : x4方向に沿った曲率 C_{x4} は、例えば5 : 6や7 : 8である。この場合、第1ミラー要素31aの反射面のx

1方向に沿った曲率 C_{x1} : $y1$ 方向に沿った曲率 C_{y1} を、例えば5 : 6、6 : 5、7 : 8、8 : 7に設定することができる。そして、コレクター光学部材11における曲率 C_{y4} : 曲率 C_{x4} が5 : 6のときに、第1ミラー要素31aの曲率 C_{x1} : 曲率 C_{y1} を5 : 6にすると、第2ミラー要素32a上に比較的サイズの小さい光源像42が得られ、ひいては光量損失および重畳照明領域の崩れの発生を回避することができる。

[0087] また、コレクター光学部材11における曲率 C_{y4} : 曲率 C_{x4} が5 : 6のときに、第1ミラー要素31aの曲率 C_{x1} : 曲率 C_{y1} を7 : 8にすると、第2ミラー要素32a上に比較的サイズの大きい光源像43が得られ、ひいては多層膜の熱変形および損傷を軽減することができる。このとき、コレクター光学部材11の集光面および第1ミラー要素31aの反射面の曲率が方向によって異なることがマスクM上での照明効率に及ぼす影響を、コレクター光学部材11の曲率と第1ミラー要素31aの曲率との関係を調整することにより補正（補償）できれば、第2ミラー要素32aの反射面は球面形状のままでも良い。コレクター光学部材11と第1ミラー要素31aとの間の曲率関係を調整しても補正できない場合、第2ミラー要素32aの反射面を所要のトロイダル面状に形成することにより補正が可能になる。

[0088] 第2変形例では、すべての第1ミラー要素31aの反射面をトロイダル面状にする必要はなく、所要数（少なくとも1つ）の第1ミラー要素31aの反射面をトロイダル面状に形成することにより、光量損失および重畳照明領域の崩れの発生を回避する効果、あるいは多層膜の熱変形および損傷を軽減する効果が得られる。これらの効果は、第1ミラー要素31aの反射面の $x1$ 方向に沿った曲率 C_{x1} と $y1$ 方向に沿った曲率 C_{y1} とが、例えば次の条件式（7）を満たすことにより得られる。

$$1. \quad 0 < C_{x1} / C_{y1} < 1. \quad 2 \text{ または } 1. \quad 0 < C_{y1} / C_{x1} < 1. \quad 2$$

(7)

[0089] 上述の説明では、図7の変形例の構成に対して第1ミラー要素31aの反射面をトロイダル面状にする手法を適用している。しかしながら、図7の変

形例の構成に限定されることなく、図1の実施形態の構成に対しても第1ミラー要素31aの反射面をトロイダル面状にする手法を適用することができる。図1の実施形態の構成では、コレクター光学部材1からの光の集光点P2は、方向に依存することなく一致している。

[0090] その結果、図14の左側の図に示すように、第2ミラー要素32aの反射面には比較的サイズの小さい光源像42が形成され、多層膜が光照射により熱変形したり損傷を受けたりし易くなることがある。この場合、図1の実施形態の構成においても、第1ミラー要素31aの反射面のx1方向に沿った曲率 C_{x1} およびy1方向に沿った曲率 C_{y1} を適宜調整することにより、図14の右側の図に示すように、全体的にデフォーカスした比較的サイズの大きい光源像43を積極的に形成し、多層膜の熱変形および損傷を軽減することができる。

[0091] 以上のように、上述の実施形態および変形例にかかる照明光学系ILでは、Y方向の長さよりもX方向の長さが長い第1領域、典型的にはX方向に細長い円弧状の重畳照明領域が、マスクMのパターン面に形成される。第1形態の光学装置は、光源ユニットLU(LU')とマスクMとの間の光路中に配置されて、光源ユニットLU(LU')からの光を集光して、y1方向(Y方向に対応)の長さよりもx1方向(X方向に対応)の長さが長い第2領域(x1方向に長径を有し且つy1方向に短径を有する楕円形状の入射光束領域)を所定面に形成するコレクター光学部材1(11)と、第2領域を含む所定面内に設けられ、コレクター光学部材1(11)の光を第1領域に導く複数の第1ミラー要素31aを有する第1フライアイ光学部材31とを備えている。

[0092] 第2形態の光学装置は、光源ユニットLU(LU')とマスクMとの間の光路中に設けられ、y1方向(Y方向に対応)の長さよりもx1方向(X方向に対応)の長さが長い外形形状を有する第1ミラー要素31aを、所定面に複数配列するとともに、配列された第1ミラー要素31aの集合体のy1方向とx1方向の長さが互いに異なる第1フライアイ光学部材31と、第1

フライアイ光学部材 3 1 とマスク M との間の光路中に設けられ、第 1 ミラー要素 3 1 a に光学的に対応するように設置された複数の第 2 ミラー要素 3 2 a を有する第 2 フライアイ光学部材 3 2 とを備えている。

[0093] 第 3 形態の光学装置は、第 2 領域（ x 1 方向に長径を有し且つ y 1 方向に短径を有する楕円形状の入射光束領域）を含む所定面内に設けられ、複数の第 1 ミラー要素 3 1 a を有する第 1 フライアイ光学部材 3 1 を備えている。複数の第 1 ミラー要素 3 1 a のうちの少なくとも一つのミラー要素は、第 2 領域と直交する面のうちで、 y 1 方向（第 3 方向）に沿った面の曲率と、 x 1 方向（第 4 方向）に沿った面の曲率とが互いに異なる光学面（すなわち反射面）を有する。一般に、第 1 フライアイ光学部材を構成する第 1 光学要素が反射部材である場合、二方向で曲率が互いに異なる光学面は、反射面、回折面などである。一方、第 1 光学要素が光透過部材である場合、二方向で曲率が互いに異なる光学面は、レンズ面、回折面などである。

[0094] 上述の実施形態および変形例にかかる照明光学系 I L では、オプティカルインテグレータ 3 の大型化を招くことなくディストーションの発生を抑え、ひいては照野の重なり誤差に起因する光量損失の発生を小さく抑え且つ光効率の高い所要の照明条件でマスク M を照明することができる。その結果、上述の実施形態および変形例にかかる露光装置では、光量損失を小さく抑え且つ光効率の高い所要の照明条件でマスク M を照明する照明光学系 I L を用いて、良好な照明条件の下で良好な露光を行うことができる。

[0095] 第 1 形態および第 2 形態では、第 2 領域（ x 1 方向に長径を有し且つ y 1 方向に短径を有する楕円形状の入射光束領域；第 1 フライアイ光学部材 3 1 への入射光束の領域）における y 1 方向の長さよりも、 x 1 方向の長さが 1.1 倍以上長いように構成してもよい。また、第 2 領域における y 1 方向の長さ α と x 1 方向の長さとのアスペクト比が $1 : \alpha$ とすると、 α が 1.1 以上の条件を満たすように構成してもよい。また、 α を 4.0 以下とすることができる。

[0096] 第 1 形態および第 2 形態では、オプティカルインテグレータ 3 のミラー要

素 3 1 a が第 2 領域内のみに、配列されるように構成することにより、光量損出をさらに低減することができる。また、ミラー要素 3 1 a の集合体における y 1 方向の長さよりも x 1 方向の長さが 1. 1 倍以上長いように構成してもよい。また、ミラー要素 3 1 a の集合体における y 3 方向の長さとのアスペクト比が $1 : \alpha$ とすると、 α が 1. 1 以上の条件を満たすように構成してもよい。また、 α を 4. 0 以下とすることができる。

[0097] 第 1 形態および第 2 形態では、オプティカルインテグレータ 3 への入射光束（ひいては第 1 フライアイ光学部材 3 1 への入射光束）の断面における y 1 方向の長さよりも x 1 方向の長さが 1. 1 倍以上長いように構成してもよい。また、オプティカルインテグレータ 3 への入射光束の断面における y 1 方向の長さとのアスペクト比が $1 : \alpha$ とすると、 α が 1. 1 以上の条件を満たすように構成してもよい。また、 α を 4. 0 以下とすることができる。

[0098] また、上述の実施形態および変形例では、Y 方向と交差する X 方向に長い照明領域、すなわち X 方向に細長い円弧状の照明領域が、マスク M のパターン面に形成される。オプティカルインテグレータ 3 中の第 1 フライアイ光学部材 3 1 は、照明領域に対応した外形形状、すなわち x 1 方向（X 方向に対応）に細長い円弧状の外形形状を有するミラー要素 3 1 a を y 1 方向（Y 方向に対応）と x 1 方向に複数配列することにより構成されている。第 1 フライアイ光学部材 3 1 では、配列されたミラー要素 3 1 a の集合体の y 1 方向と x 1 方向の長さが互いに異なる。

[0099] 別の表現をすれば、第 1 フライアイ光学部材 3 1 の受光面（入射面）の長さが y 1 方向と x 1 方向とで互いに異なる。さらに別の表現をすれば、第 1 フライアイ光学部材 3 1 の受光面における y 1 方向と x 1 方向の配列の数が互いに異なる。この構成により、上述の実施形態および変形例では、オプティカルインテグレータ 3 の大型化を招くことなく、ディストーションの発生を抑え、ひいては照野の重なり誤差に起因する光量損失の発生を小さく抑えることができる。その結果、上述の実施形態および変形例にかかる露光装置

では、光量損失を小さく抑えるオプティカルインテグレータ 3 を備えて光効率の高い所要の照明条件でマスク M を照明する照明光学系 I L を用いて、良好な照明条件の下で良好な露光を行うことができる。

[0100] 配列されたミラー要素 3 1 a の集合体の y 1 方向と x 1 方向とのアスペクト比が $1 : \alpha$ とすると、 α が 1. 1 以上の条件を満たすように構成してもよい。また、配列されたミラー要素 3 1 a の集合体が y 1 方向に対して x 1 方向に 1. 1 倍以上長いように構成してもよい。また、ミラー要素 3 1 a の集合体が y 1 方向に 20 列以上、x 1 方向に 5 列以上配列されているように構成してもよい。

[0101] なお、上述の説明では、コレクター光学部材 1 とオプティカルインテグレータ 3 との間にコリメータ光学系 2 が設けられているが、これに限定されない。すなわち、光源ユニット L U (L U') からの光が、パワーを有する光学部材（例えば、コリメータ光学系 2 のような光学部材）を介することなく、オプティカルインテグレータ 3 の第 1 フライアイ光学部材 3 1 に入射するように構成しても良い。ここで、光学部材のパワーとは、当該光学部材の焦点距離の逆数である。

[0102] また、上述の説明では、正瞳タイプの露光装置に基づいて本発明を説明している。ここでは、入射瞳が物体面（マスク M のパターン面に対応）よりも投影光学系側に位置している投影光学系を備える露光装置を正瞳タイプの露光装置と呼ぶ。しかしながら、正瞳タイプの露光装置に限定されることなく、逆瞳タイプの露光装置に対しても同様に本発明を適用することができる。入射瞳が物体面を挟んで投影光学系とは反対側に位置している投影光学系を備える露光装置を逆瞳タイプの露光装置と呼ぶ。

[0103] 具体的に、逆瞳タイプの露光装置では、光源ユニット L U (L U') からの光がコレクター光学部材 1 (コレクター光学部材 1 1) を経た後に、コリメータ光学系 2 を介して、照明光学系 I L 中のオプティカルインテグレータ 3 に入射する。その後、オプティカルインテグレータ 3 を経た光は、斜入射ミラー（平面反射鏡）を介して、マスク M 上に円弧状の第 1 領域を形成する

。すなわち、オプティカルインテグレータ 3 の第 2 フライアイ光学部材 3 2 を経た光は、パワーを有する光学部材（例えばコンデンサー光学系 5 のような光学部材）を介することなく、被照射面としてのマスク M のパターン面へ導かれる。なお、オプティカルインテグレータ 3 と被照射面との間の光路中にパワーを有する光学部材が介在しても良い。また、コレクター光学部材 1（1 1）とオプティカルインテグレータ 3 との間に、コリメータ光学系 2 のようなパワーを有する光学部材を介さない構成としても良い。

[0104] さらに、上述の説明では、第 1 フライアイ光学部材 3 1 中の第 1 ミラー要素 3 1 a が円弧状の外形形状を有し、第 2 フライアイ光学部材 3 2 中の第 2 ミラー要素 3 2 a が矩形状の外形形状を有する。しかしながら、これに限定されることなく、各光学要素の外形形状、各光学要素のパワーの正負については様々な形態が可能である。また、ミラー要素に代えて屈折光学要素や回折光学素子を用いることもできる。

[0105] 上述の説明では、第 1 フライアイ光学部材 3 1 への入射光束の断面の長径と短径との比を、2 : 1 または 1. 1 : 1 としたが、第 1 フライアイ光学部材 3 1 への入射光束の断面の長径と短径との比はこれに限定されず、 $\alpha : 1$ （ただし α は 1. 1 以上）とすることができる。また、 α を 4. 0 以下としてもよい。

[0106] 第 6 形態にかかる照明方法では、光源ユニット LU（LU'）からの光により、Y 方向の長さよりも X 方向の長さが長い第 1 領域、すなわち X 方向に細長い円弧状の重畳照明領域が、マスク M のパターン面に形成される。この照明方法は、所定面上の第 2 領域に光源からの光を集光して導くことと、所定面上で第 3 方向の長さより前記第 3 方向に交差する第 4 方向の長さが長い外形形状を有する複数の光束に波面分割すること、波面分割された複数の光束を第 1 領域へ導くこととを含んでいる。第 2 領域は、第 3 方向の長さよりも第 4 方向の長さが長い形状（x 1 方向に長く且つ y 1 方向に短い入射光束領域）を有し、所定面上での複数の光束は、第 3 方向と第 4 方向とに沿って複数配列される。

- [0107] 第9形態にかかる光学装置の製造方法では、光源ユニットLU (LU')からの光により、Y方向の長さよりもX方向の長さが長い照明領域を均一に照明するために用いられる光学装置の製造方法において、光源からの光を集光して、第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い第2領域(x1方向に長く且つy1方向に短い入射光束領域)を所定面に形成するコレクター光学部材を得ることと、第2領域を含む所定面内に、複数の第1光学要素を有する第1フライアイ光学部材を設置することとを備える。
- [0108] 第10形態にかかる光学装置の製造方法では、光源ユニットLU (LU')からの光により、Y方向の長さよりもX方向の長さが長い照明領域を均一に照明するために用いられる光学装置の製造方法において、第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い外形形状を有する複数の第1光学要素を準備することと、複数の第1光学要素を第3方向と第4方向とに配列する第1光学要素の集合体が、第3方向の長さとも第4方向の長さとも互いに異なる第1フライアイ光学部材を得ることとを備える。
- [0109] 上述の実施形態では、マスクMの代わりに、所定の電子データに基づいて所定パターンを形成する可変パターン形成装置を用いることができる。なお、可変パターン形成装置としては、たとえば所定の電子データに基づいて駆動される複数の反射素子を含む空間光変調素子を用いることができる。空間光変調素子を用いた露光装置は、例えば米国特許公開第2007/0296936号公報に開示されている。また、上記のような非発光型の反射型空間光変調器以外に、透過型空間光変調器を用いても良く、自発光型の画像表示素子を用いても良い。
- [0110] 上述の実施形態の露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各

種電気系については電氣的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行っても良い。

[0111] 次に、上述の実施形態にかかる露光装置または露光方法を用いたデバイス製造方法について説明する。図15は、半導体デバイスの製造工程を示すフローチャートである。図15に示すように、半導体デバイスの製造工程では、半導体デバイスの基板となるウェハWに金属膜を蒸着し（ステップS40）、この蒸着した金属膜上に感光性材料であるフォトレジストを塗布する（ステップS42）。つづいて、上述の実施形態の露光装置を用い、マスク（レチクル）Mに形成されたパターンをウェハW上の各ショット領域に転写し（ステップS44：露光工程）、この転写が終了したウェハWの現像、つまりパターンが転写されたフォトレジストの現像を行う（ステップS46：現像工程）。その後、ステップS46によってウェハWの表面に生成されたレジストパターンをマスクとし、ウェハWの表面に対してエッチング等の加工を行う（ステップS48：加工工程）。

[0112] ここで、レジストパターンとは、上述の実施形態の露光装置によって転写されたパターンに対応する形状の凹凸が生成されたフォトレジスト層であって、その凹部がフォトレジスト層を貫通しているものである。ステップS48では、このレジストパターンを介してウェハWの表面の加工を行う。ステップS48で行われる加工には、例えばウェハWの表面のエッチングまたは金属膜等の成膜の少なくとも一方が含まれる。なお、ステップS44では、上述の実施形態の露光装置は、フォトレジストが塗布されたウェハWを感光性基板としてパターンの転写を行う。

[0113] なお、上述の実施形態では、EUV光を供給するための光源を有する露光装置に本発明を適用しているが、これに限定されることなく、EUV光以外の他の波長光を供給する光源を有する露光装置に対しても本発明を適用することができる。

[0114] また、上述の実施形態では、反射型のマスクMを用いるEUV露光装置の照明光学系に対して本発明を適用しているが、これに限定されることなく、光源からの光に基づいて第1領域を照明する一般の照明光学系に対しても本発明を適用することができる。

符号の説明

- [0115] 1, 11 コレクター光学部材
2 コリメータ光学部材
3 オプティカルインテグレータ
5 コンデンサー光学系
31, 32 フライアイ光学部材
LU, LU' 光源ユニット
M マスク
MS マスクステージ
PL 投影光学系
W ウェハ
WS ウェハステージ

請求の範囲

- [請求項1] 光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明する光学装置において、
- 前記光源と前記第1領域との間の光路中に配置されて、前記光源からの光を集光して、第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い第2領域を所定面に形成するコレクター光学部材と、
- 前記第2領域を含む所定面内に設けられ、前記コレクター光学部材の光を前記第1領域に導く複数の第1光学要素を有する第1フライアイ光学部材と、
- を備えることを特徴とする光学装置。
- [請求項2] 前記第1フライアイ光学部材と前記第1領域との間の光学系によって前記第3方向が前記第1領域に射影される方向が前記第1方向であるとともに、前記第4方向が射影される方向が前記第2方向であることを特徴とする請求項1に記載の光学装置。
- [請求項3] 前記コレクター光学部材は、
- 前記第2領域における前記第3方向の長さよりも、前記第4方向の長さが、 1.1 倍以上長い光を形成することを特徴とする請求項1または2に記載の光学装置。
- [請求項4] 前記コレクター光学部材は、
- 前記第2領域における前記第3方向の長さと同様に前記第4方向の長さとのアスペクト比が、 $1:\alpha$ とすると、 α が 1.1 以上の条件を満たす光を形成することを特徴とする請求項1または2に記載の光学装置。
- [請求項5] 前記コレクター光学部材は、
- 前記光源からの光を集光する集光面の曲率が、第1断面と前記第1断面に直交する第2断面とで異なることを特徴とする請求項1乃至4のいずれか1項に記載の光学装置。
- [請求項6] 前記コレクター光学部材は、

前記光源からの光を反射して集光することを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

[請求項7]

前記コレクター光学部材は、

前記光源の一次像を形成することを特徴とする請求項 1 乃至 6 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

[請求項8]

前記コレクター光学部材は、

非球面状で且つ凹面状の反射面および貫通孔を有する第 1 反射鏡と、

前記光源と前記第 1 反射鏡との間の光路中に配置されて、非球面状で且つ凸面状の反射面および貫通孔を有する第 2 反射鏡と、を備え、

前記光源からの光を、前記第 2 反射鏡の貫通孔、前記第 1 反射鏡の反射面、前記第 2 反射鏡の反射面、および前記第 1 反射鏡の貫通孔を介して、前記第 2 領域に整形させることを特徴とする請求項 1 乃至 7 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

[請求項9]

前記第 1 光学要素は、

前記第 3 方向の長さとは前記第 4 方向の長さとは異なる外形形状を有し、

前記所定面内の前記第 3 方向とは前記第 4 方向とは沿って配列されることを特徴とする請求項 1 乃至 8 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

[請求項10]

前記第 1 光学要素は、

前記第 3 方向の長さより前記第 4 方向の長さが長い外形形状を有し、

前記第 1 光学要素の集合体は、前記第 3 方向より前記第 4 方向に長いことを特徴とする請求項 9 に記載の光学装置。

[請求項11]

前記第 1 フライアイ光学部材とは前記第 1 領域との間の光路中に設けられ、前記複数の第 1 光学要素に光学的に対応するように設置された複数の第 2 光学要素を有する第 2 フライアイ光学部材を、さらに備えることを特徴とする請求項 1 乃至 10 のいずれか 1 項に記載の光学装置

。

[請求項12] 前記第1フライアイ光学部材は、

前記複数の第1光学要素のうちの少なくとも1つの光学要素が、前記第2領域と直交する面のうちで、前記第3方向に沿った面の曲率と、前記第4方向に沿った面の曲率とが互いに異なる光学面を有することを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の光学装置。

[請求項13] 前記光学面の前記第3方向に沿った面の曲率 C_1 と前記第4方向に沿った面の曲率 C_2 とは、

1. $0 < C_1 / C_2 < 1.2$ または 1. $0 < C_2 / C_1 < 1.2$

の条件を満足することを特徴とする請求項12に記載の光学装置。

[請求項14] 光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明するために用いられる光学装置において、

前記光源と前記第1領域との間の光路中に設けられ、第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い外形形状を有する第1光学要素を、所定面に複数配列するとともに、配列された前記第1光学要素の集合体の前記第3方向と前記第4方向の長さが互いに異なる第1フライアイ光学部材と、

前記第1フライアイ光学部材と前記第1領域との間の光路中に設けられ、前記第1光学要素に光学的に対応するように設置された複数の第2光学要素を有する第2フライアイ光学部材と、

を備えることを特徴とする光学装置。

[請求項15] 前記第1フライアイ光学部材と前記第1領域との間の光学系によって前記第3方向が射影される方向が前記第1方向であるとともに、前記第4方向が射影される方向が前記第2方向であることを特徴とする請求項14に記載の光学装置。

[請求項16] 前記第1フライアイ光学部材は、

前記第3方向に沿って配列される前記第1光学要素の数と、前記第

4方向に沿って配列される前記第1光学要素の数が互いに異なるように、配列することを特徴とする請求項14または15に記載の光学装置。

[請求項17] 前記第1光学要素が円弧状の外形形状を有するとともに、
前記第2光学要素が多角形状の外形形状を有することを特徴とする請求項14乃至16のいずれか1項に記載の光学装置。

[請求項18] 前記第1領域は、円弧状の外形形状を有し、
前記第1方向は、前記円弧状の辺が互いに隣り合うように前記複数の第1光学要素が設置される方向に対応し、
前記第2方向は、前記円弧状の両端が互いに隣り合うように前記複数の第1光学要素が設置される方向に対応していることを特徴とする請求項17に記載の光学装置。

[請求項19] 前記第1フライアイ光学部材は、
配列された前記第1光学要素の集合体の前記第3方向と前記第4方向とのアスペクト比が $1 : \alpha$ とすると、 α が 1.1 以上の条件を満たすことを特徴とする請求項14乃至18のいずれか1項に記載の光学装置。

[請求項20] 前記第1フライアイ光学部材は、
配列された前記第1光学要素の集合体が、前記第3方向に対して前記第4方向に 1.1 倍以上長いことを特徴とする請求項14乃至19のいずれか1項に記載の光学装置。

[請求項21] 前記第1フライアイ光学部材は、
前記第1光学要素の集合体が、前記第3方向に20列以上、前記第4方向に5列以上配列されることを特徴とする請求項14乃至20のいずれか1項に記載の光学装置。

[請求項22] 前記複数の第1光学要素および前記複数の第2光学要素が、凹面反射鏡の形態を有することを特徴とする請求項14乃至21のいずれか1項に記載の光学装置。

[請求項23] 前記光源と前記第1フライアイ光学部材との間の光路中に配置されて、前記光源からの光を集光して、所定面に前記第3方向の長さよりも前記第4方向の長さが長い第2領域を形成するコレクター光学部材をさらに備え、

前記複数の第1光学要素は、前記所定面内に配置されることを特徴とする請求項14乃至22のいずれか1項に記載の光学装置。

[請求項24] 前記第1フライアイ光学部材は、

前記複数の第1光学要素のうちの少なくとも1つの光学要素が、前記第2領域と直交する面のうちで、前記第3方向に沿った面の曲率と、前記第4方向に沿った面の曲率とが互いに異なる光学面を有することを特徴とする請求項14乃至23のいずれか1項に記載の光学装置。

[請求項25] 前記光学面の前記第3方向に沿った面の曲率 C_1 と前記第4方向に沿った面の曲率 C_2 とは、

$$1. 0 < C_1 / C_2 < 1.2 \text{ または } 1. 0 < C_2 / C_1 < 1.2$$

の条件を満足することを特徴とする請求項24に記載の光学装置。

[請求項26] 光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明するために用いられる光学装置において、

第2領域を含む所定面内に設けられ、複数の第1光学要素を有する第1フライアイ光学部材を備え、

前記複数の第1光学要素のうちの少なくとも一つの光学要素が、前記第2領域と直交する面のうちで、第3方向に沿った面の曲率と、前記第3方向と交差する第4方向に沿った面の曲率とが互いに異なる光学面を有することを特徴とする光学装置。

[請求項27] 前記光学面の前記第1方向に沿った面の曲率 C_1 と前記第2方向に沿った面の曲率 C_2 とは、

$$1. 0 < C_1 / C_2 < 1.2 \text{ または } 1. 0 < C_2 / C_1 < 1.2$$

の条件を満足することを特徴とする請求項 26 に記載の光学装置。

[請求項28] 前記第 1 フライアイ光学部材と前記第 1 領域との間の光路中に設けられ、前記第 1 光学要素に光学的に対応するように設置された複数の第 2 光学要素を有する第 2 フライアイ光学部材を、さらに備えることを特徴とする請求項 26 または 27 に記載の光学装置。

[請求項29] 前記光源と前記第 1 フライアイ光学部材との間の光路中に配置されて、前記光源からの光を集光して、第 3 方向の長さよりも前記第 3 方向と交差する第 4 方向の長さが長い第 2 領域を所定面に形成するコレクター光学部材を、

さらに備えることを特徴とする請求項 26 乃至 28 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

[請求項30] 前記第 2 フライアイ光学部材は、

前記複数の第 2 光学要素を、第 3 領域の第 5 方向と前記第 5 方向と交差する第 6 方向とに配列しており、

前記複数の第 2 光学要素のうち少なくとも 1 つの光学要素が、前記第 3 領域と直交する面のうちで、前記第 5 方向に沿った面の曲率と、前記第 6 方向に沿った面の曲率とが互いに異なる光学面を有することを特徴とする請求項 11 乃至 25、28、29 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

[請求項31] 前記光源から供給される光は、波長が 5 nm 乃至 20 nm の EUV 光であることを特徴とする請求項 1 乃至 30 のいずれか 1 項に記載の光学装置。

[請求項32] 前記第 1 領域に形成された所定のパターンを照明するための請求項 1 乃至 31 のいずれか 1 項に記載の光学装置を備え、

前記所定のパターンを感光性基板に露光することを特徴とする露光装置。

[請求項33] 前記所定のパターンの像を前記感光性基板に形成する投影光学系をさらに備え、

該投影光学系に対して前記所定のパターンおよび前記感光性基板を走査方向に沿って相対移動させて、前記所定のパターンを前記感光性基板へ投影露光することを特徴とする請求項 3 2 に記載の露光装置。

[請求項34] 前記走査方向は、前記第1方向に平行な方向であることを特徴とする請求項 3 3 に記載の露光装置。

[請求項35] 請求項 3 2 乃至 3 4 のいずれか 1 項に記載の露光装置を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光する露光工程と、

前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成する現像工程と、

前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工する加工工程と、

、

を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

[請求項36] 所定面内に設けられるフライアイ光学部材に光を供給する光源装置において、

光を発生する発光部と、

前記発光部で発生した光を集光して、第 3 方向の長さよりも前記第 3 方向と交差する第 4 方向の長さが長い第 2 領域を前記所定面内に形成するコレクター光学部材と、を備えることを特徴とする光源装置。

[請求項37] 前記コレクター光学部材は、

前記第 2 領域における前記第 3 方向の長さよりも、前記第 4 方向の長さが、 1.1 倍以上長い光を形成することを特徴とする請求項 3 6 に記載の光源装置。

[請求項38] 前記コレクター光学部材は、

前記第 2 領域における前記第 3 方向の長さと同様に前記第 4 方向の長さとのアスペクト比が、 $1 : \alpha$ とすると、 α が 1.1 以上の条件を満たす光を形成することを特徴とする請求項 3 6 または 3 7 に記載の光源装置。

- [請求項39] 前記コレクター光学部材は、
前記光源からの光を集光する集光面の曲率が、第1断面と前記第1断面に直交する第2断面とで異なることを特徴とする請求項36乃至38のいずれか1項に記載の光源装置。
- [請求項40] 前記コレクター光学部材は、
前記光源からの光を反射して集光することを特徴とする請求項36乃至39のいずれか1項に記載の光源装置。
- [請求項41] 前記コレクター光学部材は、
前記光源の一次像を形成することを特徴とする請求項36乃至40のいずれか1項に記載の光源装置。
- [請求項42] 前記コレクター光学部材は、
非球面状で且つ凹面状の反射面および貫通孔を有する第1反射鏡と、
前記光源と前記第1反射鏡との間の光路中に配置されて、非球面状で且つ凸面状の反射面および貫通孔を有する第2反射鏡と、を備え、
前記光源からの光を、前記第2反射鏡の貫通孔、前記第1反射鏡の反射面、前記第2反射鏡の反射面、および前記第1反射鏡の貫通孔を介して、前記第2領域に整形させることを特徴とする請求項36乃至41のいずれか1項に記載の光源装置。
- [請求項43] 光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明する照明方法において、
所定面上の第2領域に前記光源からの光を集光して導くことと；
前記所定面上で第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い外形形状を有する複数の光束に波面分割することと；
該波面分割された複数の光束を前記第1領域へ導くことと；
を含み、
前記第2領域は、前記第3方向の長さよりも前記第4方向の長さが長い形状を有し、

前記所定面上での前記複数の光束は、前記第 3 方向と前記第 4 方向とに沿って複数配列されることを特徴とする照明方法。

[請求項44] 前記第 3 方向が射影される方向が前記第 1 方向であるとともに、前記第 4 方向が射影される方向が前記第 2 方向であることを特徴とする請求項 4 3 に記載の照明方法。

[請求項45] 前記複数の光束は、

前記第 3 方向と前記第 4 方向とにおける長さが互いに異なることを特徴とする請求項 4 3 または 4 4 に記載の照明方法。

[請求項46] 前記集光して導くことでは、

前記光源からの光がコレクター光学部材の第 1 断面によって集光されるとともに、

前記第 1 断面に直交し、前記第 1 断面とは異なる曲率を有する前記コレクター光学部材の第 2 断面によって集光されることを特徴とする請求項 4 3 乃至 4 5 のいずれか 1 項に記載の照明方法。

[請求項47] 前記集光して導くことでは、

前記コレクター光学部材の前記第 1 断面で集光される光によって前記光源の一次像を形成することと；

前記第 2 断面で集光される光によって前記光源の一次像を形成することと；

を備え、

前記第 1 断面で集光される光を、前記光源と前記第 1 領域との間の第 1 集光位置で集光させ、且つ前記第 2 断面で集光される光を、前記光源と前記第 1 集光位置の間の第 2 集光位置で集光させることを特徴とする請求項 4 6 に記載の照明方法。

[請求項48] 請求項 4 3 乃至 4 7 のいずれか 1 項に記載の照明方法を用いて所定のパターン上の前記第 1 領域を照明することと；

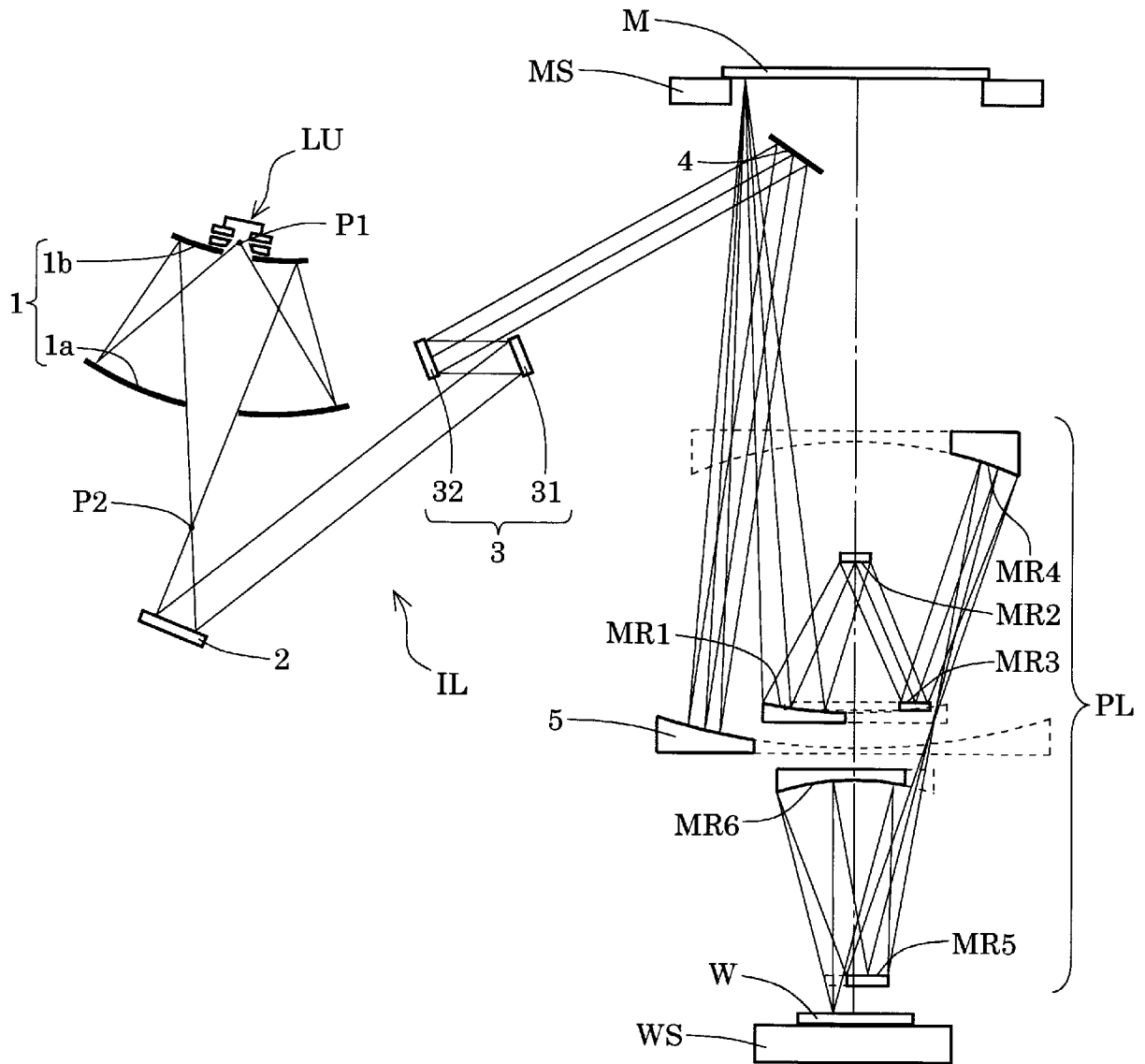
前記所定のパターンを感光性基板に露光することと；

を含むことを特徴とする露光方法。

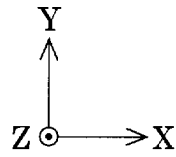
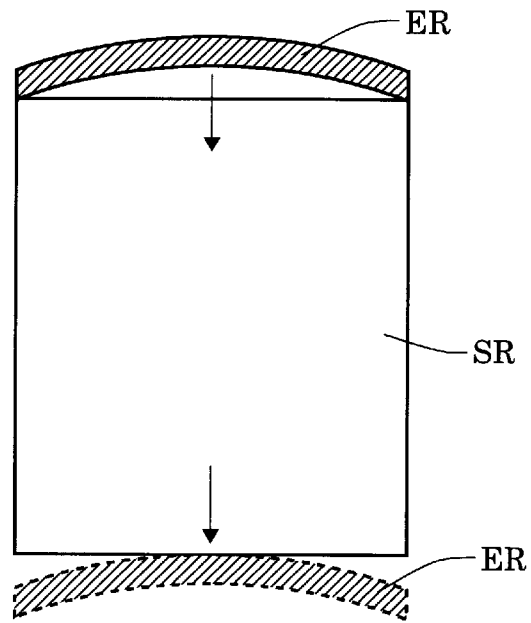
- [請求項49] 請求項48に記載の露光方法を用いて、前記所定のパターンを前記感光性基板に露光することと；
前記所定のパターンが転写された前記感光性基板を現像し、前記所定のパターンに対応する形状のマスク層を前記感光性基板の表面に形成することと；
前記マスク層を介して前記感光性基板の表面を加工することと；
を含むことを特徴とするデバイス製造方法。
- [請求項50] 光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明するために用いられる光学装置の製造方法において、
前記光源からの光を集光して、第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い第2領域を所定面に形成するコレクター光学部材を得ることと；
前記第2領域を含む所定面内に、複数の第1光学要素を有する第1フライアイ光学部材を設置することと；
を備えることを特徴とする光学装置の製造方法。
- [請求項51] 光源からの光により第1方向の長さよりも前記第1方向と交差する第2方向の長さが長い第1領域を照明するために用いられる光学装置の製造方法において、
第3方向の長さよりも前記第3方向と交差する第4方向の長さが長い外形形状を有する複数の第1光学要素を準備することと；
前記複数の第1光学要素を前記第3方向と前記第4方向とに配列する前記第1光学要素の集合体が、前記第3方向の長さとも前記第4方向の長さとも互いに異なる第1フライアイ光学部材を得ることと；
を備える光学装置の製造方法。
- [請求項52] 複数の第2光学要素を前記第1光学要素に光学的に対応するように設置する第2フライアイ光学部材を得ることと；
をさらに備えることを特徴とする請求項50または51に記載の光

学装置の製造方法。

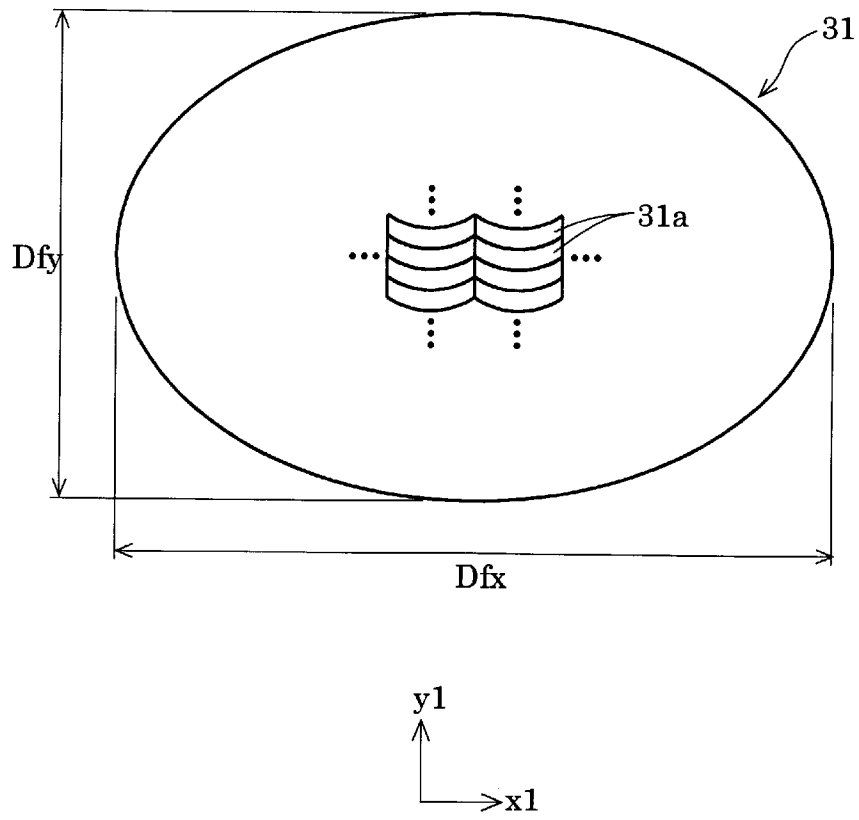
[図1]



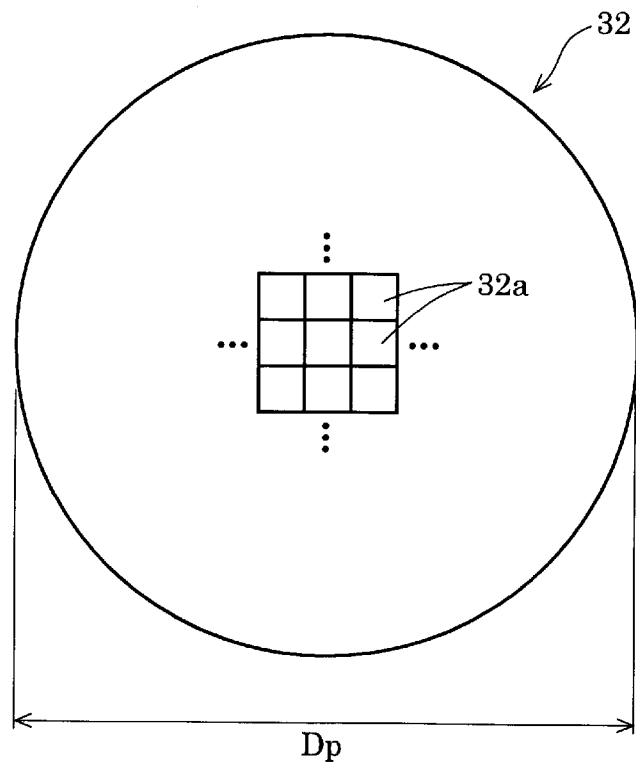
[図2]



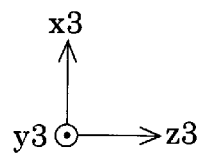
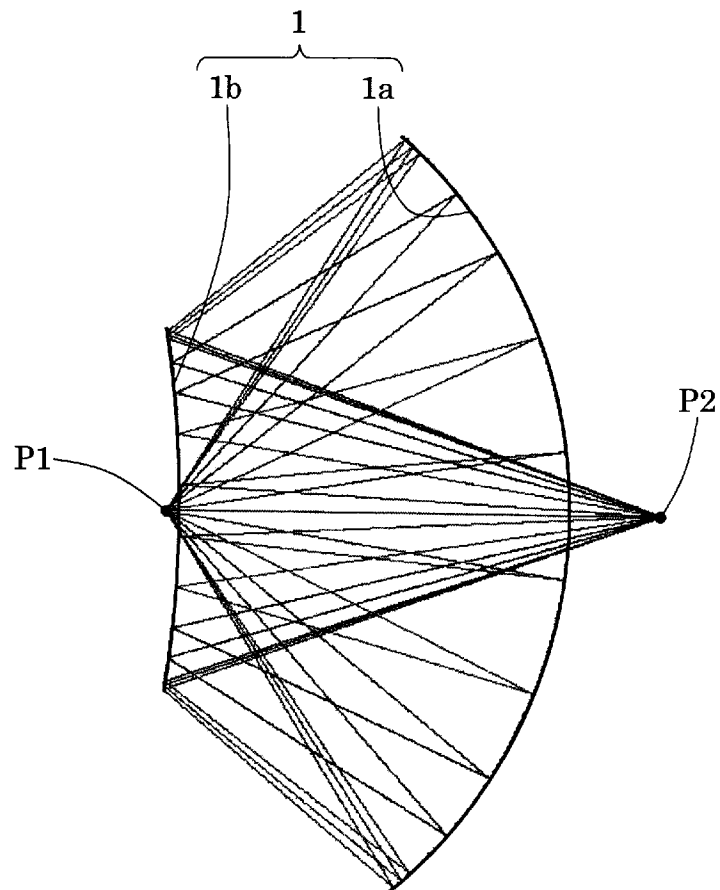
[図3]



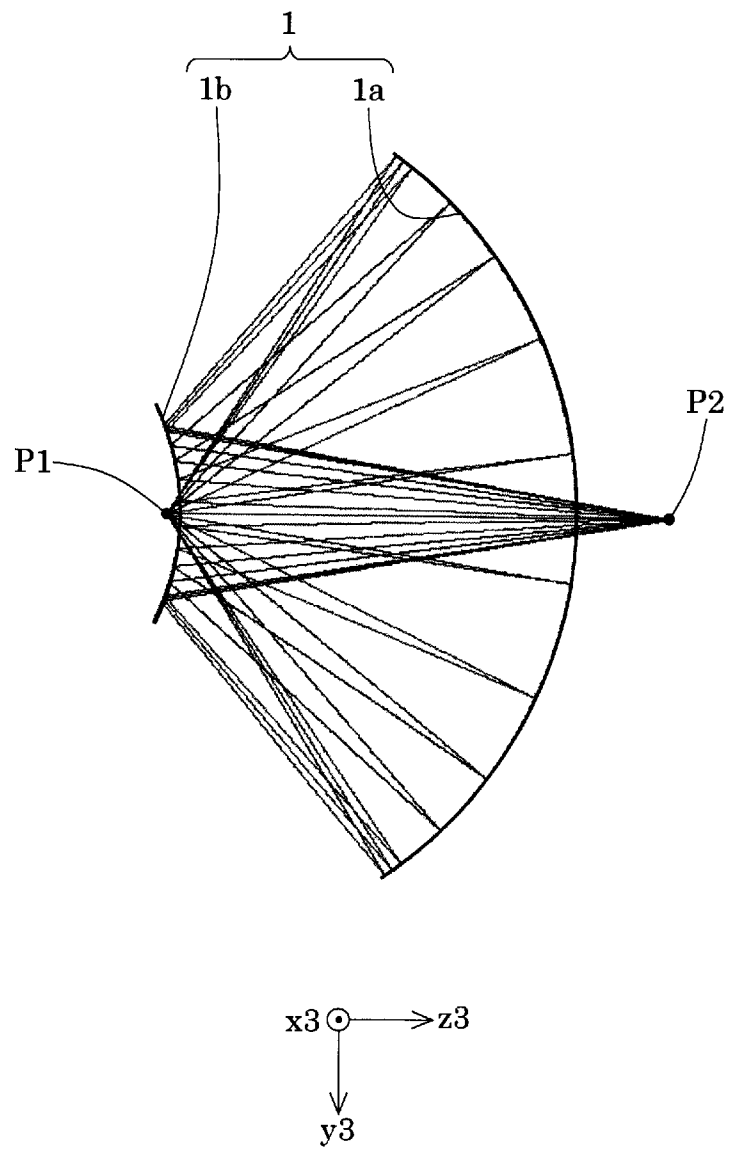
[図4]



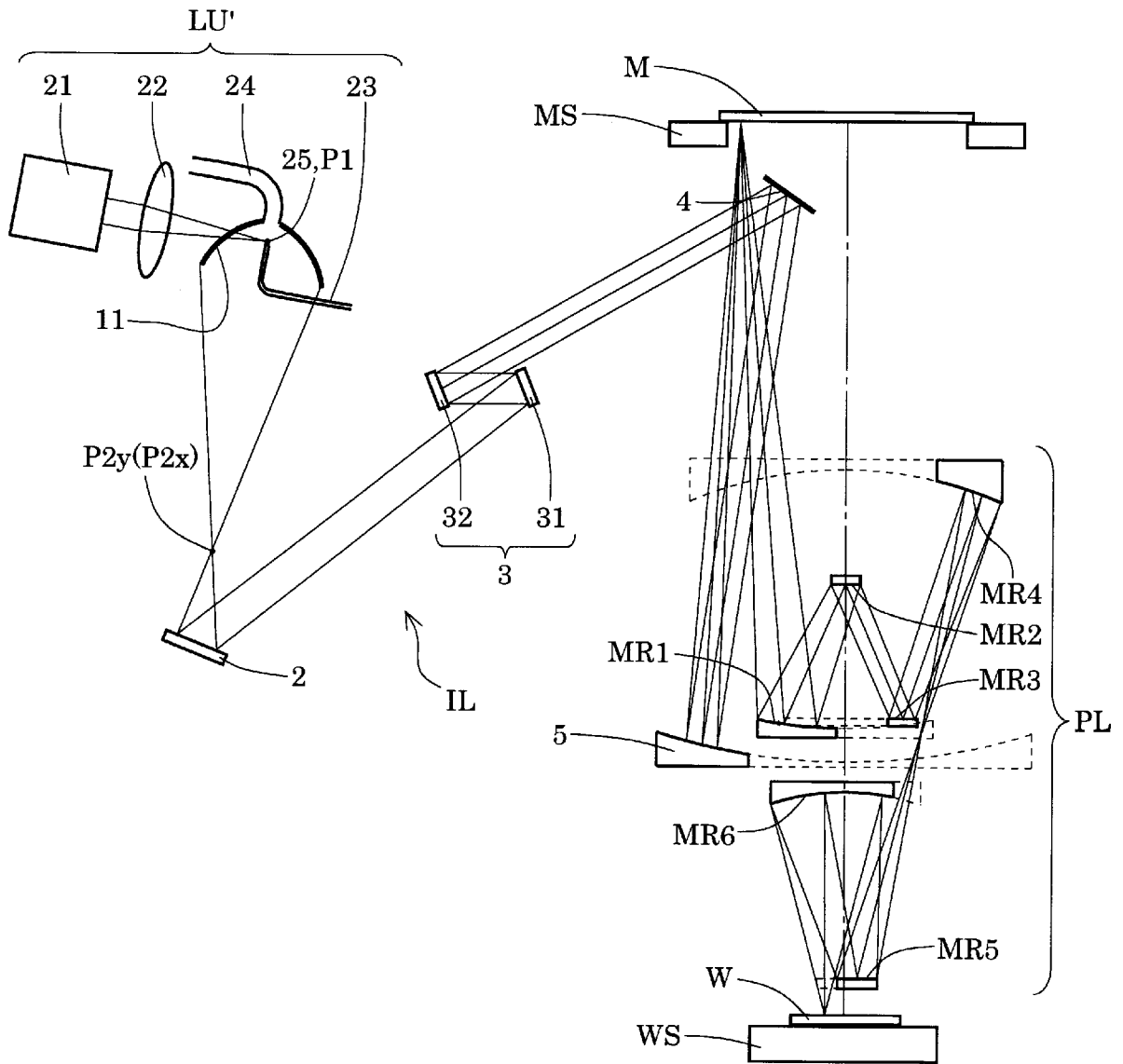
[図5]



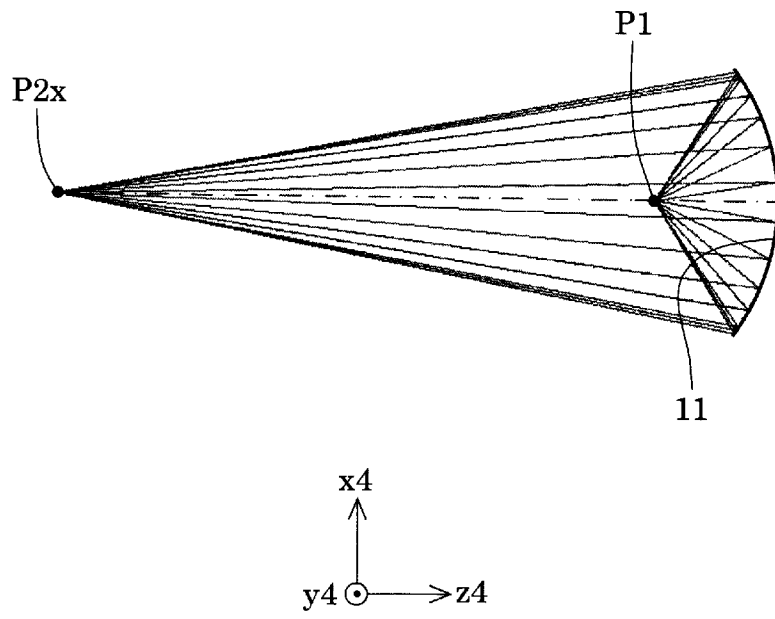
[図6]



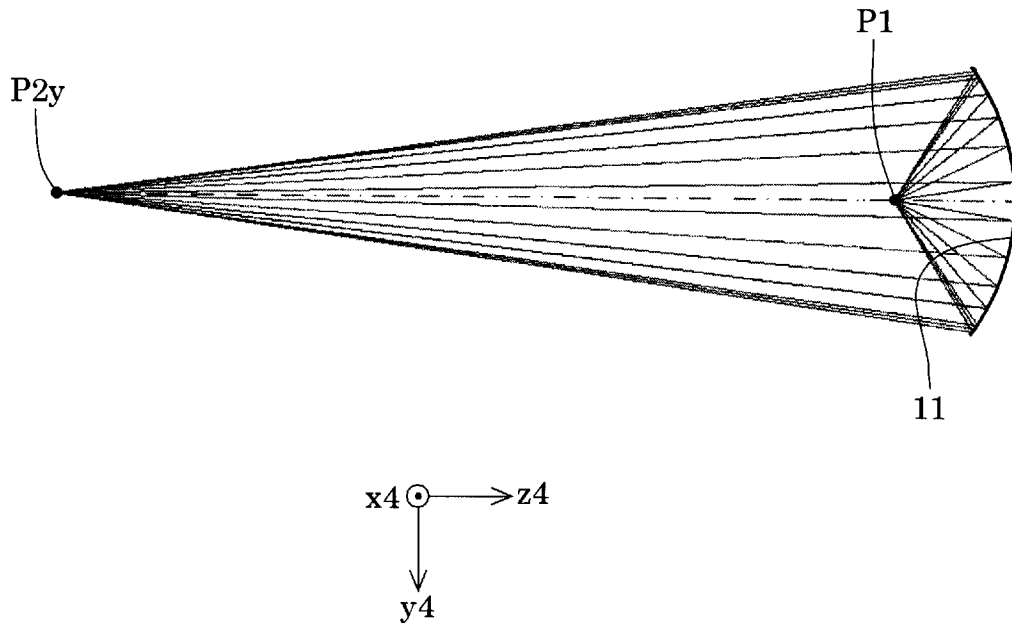
[図7]



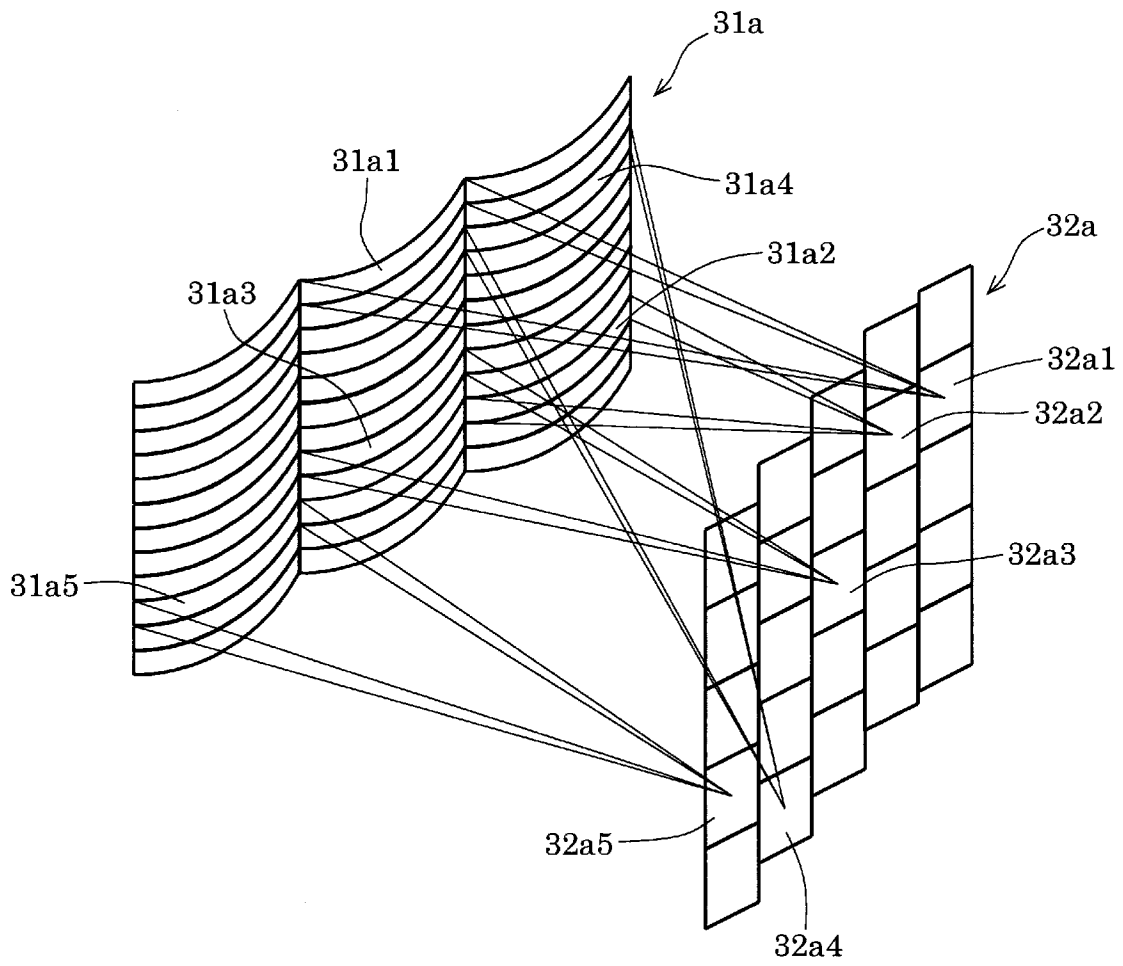
[図8]



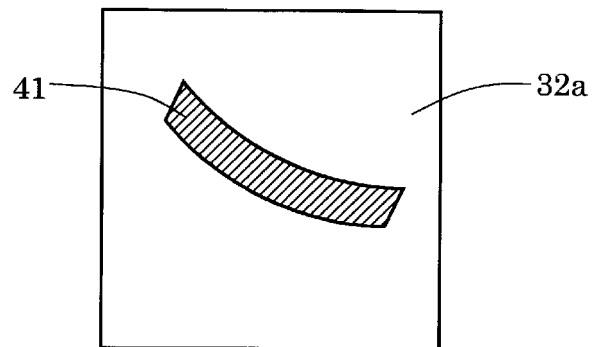
[図9]



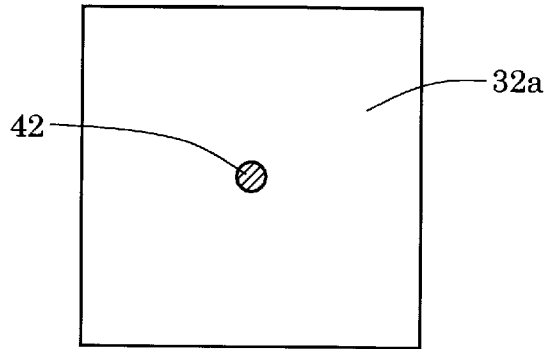
[図10]



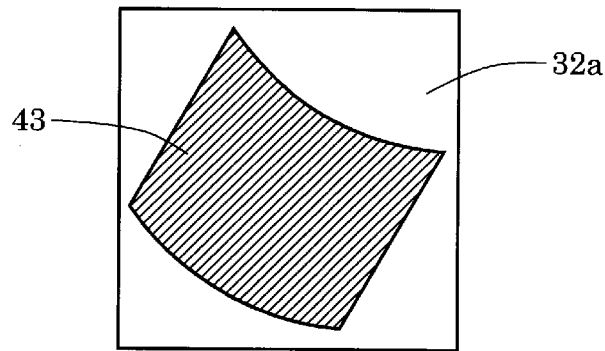
[図11]



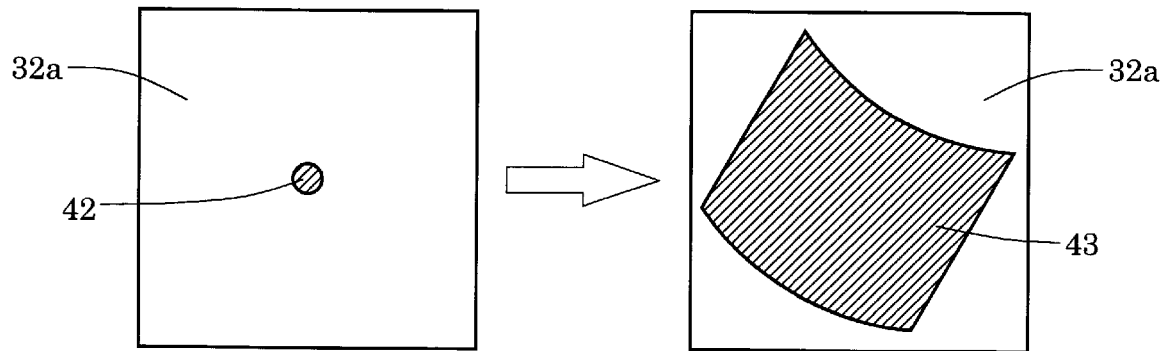
[図12]



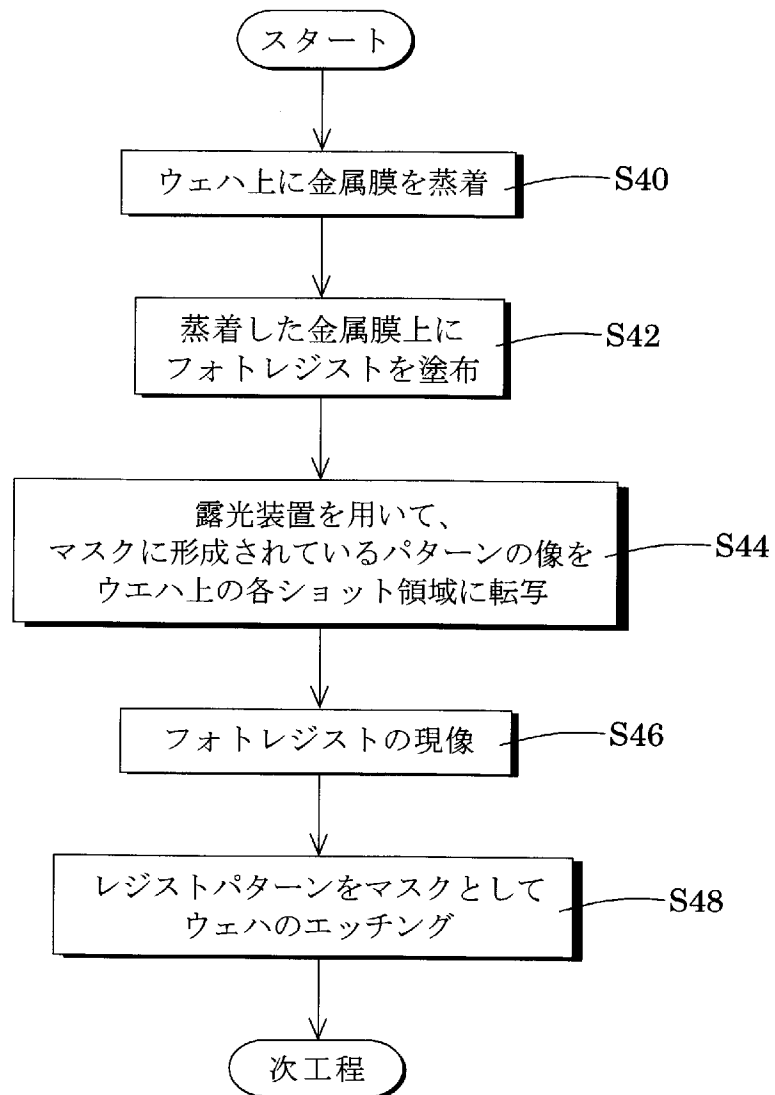
[図13]



[図14]



[図15]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058189

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(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)

H01L21/027

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

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

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.
X	JP 2009-54340 A (Seiko Epson Corp.), 12 March 2009 (12.03.2009), claim 1; paragraphs [0029] to [0106]; fig. 1 to 6, 8 to 10 & US 2009/051886 A1	1-7, 9, 10, 36-41, 43-47, 50, 51
X	WO 2007/138805 A1 (Nikon Corp.), 06 December 2007 (06.12.2007), claim 1; paragraphs [0026] to [0032]; fig. 1 to 4, 7 & US 2007/273859 A1 & EP 2020679 A1 & KR 2009/013746 A & TW 2008/13646 A	14-21, 24, 26, 28, 31-35
A	JP 2007-234717 A (Nikon Corp.), 13 September 2007 (13.09.2007), paragraphs [0008] to [0011]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-52

 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
23 June, 2011 (23.06.11)Date of mailing of the international search report
05 July, 2011 (05.07.11)Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/058189

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-253487 A (Nikon Corp.), 21 September 2006 (21.09.2006), paragraphs [0025] to [0029]; fig. 1 to 3 (Family: none)	1-52
A	JP 2004-311814 A (Nikon Corp.), 04 November 2004 (04.11.2004), paragraphs [0019] to [0022]; fig. 3 & WO 2004/090957 A1	1-52
A	JP 2002-48977 A (Nikon Corp.), 15 February 2002 (15.02.2002), paragraphs [0013] to [0037]; fig. 1 to 11 (Family: none)	1-52

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/027 (2006.01) i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int.Cl. H01L21/027

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2011年
日本国実用新案登録公報	1996-2011年
日本国登録実用新案公報	1994-2011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
X	JP 2009-54340 A (セイコーエプソン株式会社) 2009.03.12, [請求項1], [0029]~[0106], 図1~図6, 図8~図10 & US 2009/051886 A1	1-7, 9, 10, 36-41, 43-47, 50, 51
X	WO 2007/138805 A1 (株式会社ニコン) 2007.12.06, [請求項1], [0026]~[0032], 図1~図4, 図7 & US 2007/273859 A1 & EP 2020679 A1 & KR 2009/013746 A & TW 2008/13646 A	14-21, 24, 26, 28, 31-35

C欄の続きにも文献が列挙されている。

パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

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

の日の後に公表された文献
 「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と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

23.06.2011

国際調査報告の発送日

05.07.2011

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)
 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)

植木 隆和

2M

3706

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 請求項の番号
A	JP 2007-234717 A (株式会社ニコン) 2007.09.13, [0008]~[0011], 図1~図4 (ファミリーなし)	1-52
A	JP 2006-253487 A (株式会社ニコン) 2006.09.21, [0025]~[0029], 図1~図3 (ファミリーなし)	1-52
A	JP 2004-311814 A (株式会社ニコン) 2004.11.04, [0019]~[0022], 図3 & WO 2004/090957 A1	1-52
A	JP 2002-48977 A (株式会社ニコン) 2002.02.15, [0013]~[0037], 図 1~図11 (ファミリーなし)	1-52