

(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
2010年6月3日(03.06.2010)



(10) 国際公開番号
WO 2010/061674 A1

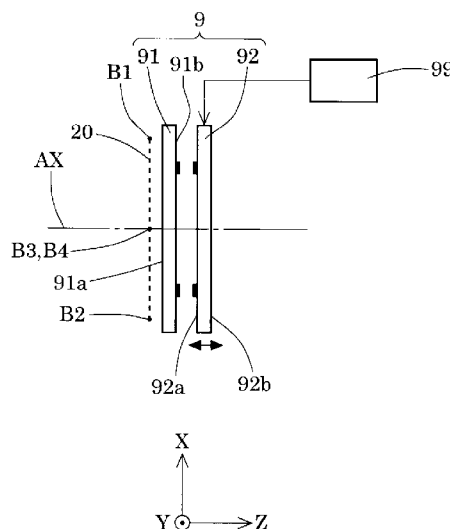
- (51) 国際特許分類:
H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2009/065309
- (22) 国際出願日: 2009年9月2日(02.09.2009)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
61/193,434 2008年11月28日(28.11.2008) US
61/193,831 2008年12月29日(29.12.2008) US
- (71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社ニコン(NIKON CORPORATION) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人(米国についてののみ): 重松 幸二 (SHIGEMATSU Koji) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 三宅 範夫 (MIYAKE Norio) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3号 株式会社ニコン内 Tokyo (JP). 田中 裕久 (TANAKA Hirohisa) [JP/JP]; 〒1008331 東京都千代田区丸の内三丁目2番3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, 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, 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 (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, 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: CORRECTION UNIT, ILLUMINATION OPTICAL SYSTEM, EXPOSURE DEVICE, AND DEVICE MANUFACTURING METHOD

(54) 発明の名称: 補正ユニット、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法

[図8]



(57) Abstract: An illumination optical system capable of almost homogeneously adjusting each pupil intensity distribution at each point on a surface to be irradiated. A correction unit (9) for correcting the pupil intensity distribution formed on the illumination pupil of the illumination optical system is provided with a first substrate (91) and a second substrate (92) which is arranged behind the first substrate (91), wherein a first extinction pattern is formed on an ejection surface (91b) of the first substrate, and wherein a second extinction pattern is formed on an incidence surface (92a) of the second substrate correspondingly to the first extinction pattern. The correction unit (9) is configured in such a manner that the relative position between the first extinction pattern and the second extinction pattern is changeable, and that the extinction rates of the first and second extinction patterns change according to changes in the relative position therebetween and changes in the incidence angle of the light to the first substrate.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2010/061674 A1



添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整することのできる照明光学系。照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニット(9)は、第1基板(91)と、その後側に配置された第2基板(92)とを備え、第1基板の射出面(91b)には第1減光パターンが形成され、第2基板の入射面(92a)には第1減光パターンに対応して第2減光パターンが形成されている。第1減光パターンと第2減光パターンとの相対位置は変更可能であって、第1基板と第2基板との相対位置の変化および第1基板への光の入射角度の変化に応じて第1減光パターンおよび第2減光パターンによる減光率が変化するように構成されている。

明 細 書

発明の名称：

補正ユニット、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法

技術分野

[0001] 本発明は、補正ユニット、照明光学系、露光装置、およびデバイス製造方法に関する。さらに詳細には、本発明は、例えば半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のデバイスをリソグラフィ工程で製造するための露光装置に好適な照明光学系に関するものである。

背景技術

[0002] この種の典型的な露光装置においては、光源から射出された光が、オプティカルインテグレータとしてのフライアイレンズを介して、多数の光源からなる実質的な面光源としての二次光源（一般には照明瞳における所定の光強度分布）を形成する。以下、照明瞳での光強度分布を、「瞳強度分布」という。また、照明瞳とは、照明瞳と被照射面（露光装置の場合にはマスクまたはウェハ）との間の光学系の作用によって、被照射面が照明瞳のフーリエ変換面となるような位置として定義される。

[0003] 二次光源からの光は、コンデンサーレンズにより集光された後、所定のパターンが形成されたマスクを重畳的に照明する。マスクを透過した光は投影光学系を介してウェハ上に結像し、ウェハ上にはマスクパターンが投影露光（転写）される。マスクに形成されたパターンは高集積化されており、この微細パターンをウェハ上に正確に転写するにはウェハ上において均一な照度分布を得ることが不可欠である。

[0004] マスクの微細パターンをウェハ上に正確に転写するために、例えば輪帯状や複数極状（2極状、4極状など）の瞳強度分布を形成し、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が提案されている（特許文献1を参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献1：米国特許公開第2006/0055834号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] マスクの微細パターンをウェハ上に忠実に転写するには、瞳強度分布を所望の形状に調整するだけでなく、最終的な被照射面としてのウェハ上の各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する必要がある。ウェハ上の各点での瞳強度分布の均一性にばらつきがあると、ウェハ上の位置毎にパターンの線幅がばらついて、マスクの微細パターンを露光領域の全体に亘って所望の線幅でウェハ上に忠実に転写することができない。

[0007] また、照明瞳に形成される瞳強度分布の形状にかかわらず、最終的な被照射面としてのウェハ上の各点に関する瞳強度分布において光軸を挟んで所定方向に間隔を隔てた一对の領域の光強度の差が大き過ぎると、パターンが所望の位置から位置ずれして焼き付けられる恐れがある。

[0008] 本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整することのできる照明光学系を提供することを目的とする。また、本発明は、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する照明光学系を用いて、適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことのできる露光装置を提供することを目的とする。

[0009] さらに、本発明は、被照射面上の各点に関する瞳強度分布において光軸を挟んで所定方向に間隔を隔てた一对の領域の光強度差を調整することのできる照明光学系を提供することを目的とする。また、本発明は、被照射面上の各点に関する瞳強度分布において光軸を挟んで所定方向に間隔を隔てた一对の領域の光強度差を調整する照明光学系を用いて、適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことのできる露光装置を提供することを目的とする。

課題を解決するための手段

[0010] 前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニットであって、

前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側

に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて、前記照明光学系の光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第 1 基板と、

前記照明瞳空間において前記第 1 基板よりも後側に配置されて前記光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第 2 基板とを備え、

前記第 1 基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第 1 減光パターンを有し、

前記第 2 基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に前記第 1 減光パターンに対応して形成された第 2 減光パターンを有し、

前記第 1 減光パターンと前記第 2 減光パターンとの相対位置は変更可能であって、

前記第 1 基板と前記第 2 基板との相対位置の変化および前記第 1 基板への光の入射角度の変化に応じて前記第 1 減光パターンおよび前記第 2 減光パターンによる減光率が変化するように構成されていることを特徴とする補正ユニットを提供する。

[0011] 本発明の第 2 形態では、照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニットであって、

前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間において前記照明光学系の光軸に垂直な第 1 面に形成された第 1 減光パターンと、

前記照明瞳空間において前記第 1 面よりも後側に位置決めされて前記第 1 面と平行な第 2 面に形成された第 2 減光パターンとを備え、

前記第 1 減光パターンは少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域を有し、

前記第 2 減光パターンは、前記少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域に対応して形成された少なくとも 1 つの第 2 単位減光領域を有し、

前記第 1 単位減光領域の一部と前記第 2 単位減光領域の一部とが前記光軸方向から見て重なり合っていることを特徴とする補正ユニットを提供する。

[0012] 本発明の第 3 形態では、照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補

正する補正ユニットであって、

前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて、前記照明光学系の光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第 1 基板と、

前記照明瞳空間において前記第 1 基板よりも後側に配置されて前記光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第 2 基板とを備え、

前記第 1 基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第 1 減光パターンを有し、

前記第 2 基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第 2 減光パターンを有し、

前記第 1 減光パターンは少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域を有し、

前記第 2 減光パターンは、前記少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域に対応して形成された少なくとも 1 つの第 2 単位減光領域を有し、

前記第 1 基板と前記第 2 基板とは、前記光軸を横切る第 1 方向に沿って相対移動可能に構成されていることを特徴とする補正ユニットを提供する。

[0013] 本発明の第 4 形態では、照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニットであって、

前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて、前記照明光学系の光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第 1 基板と、

前記照明瞳空間において前記第 1 基板よりも後側に配置されて前記光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第 2 基板とを備え、

前記第 1 基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第 1 減光パターンを有し、

前記第 2 基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第 2 減光パターンを有し、

前記第 1 減光パターンは少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域を有し、

前記第 2 減光パターンは、前記少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域に対応

して形成された少なくとも１つの第２単位減光領域を有し、

前記第１単位減光領域と前記第２単位減光領域とは、前記第１単位減光領域に第１の入射角で入射する光に対して第１の減光率を与え、且つ前記第１単位減光領域に前記第１の入射角とは異なる第２の入射角で入射する光に対して前記第１の減光率とは異なる第２の減光率を与え、

前記第１基板と前記第２基板との位置関係は、変更可能であることを特徴とする補正ユニットを提供する。

[0014] 本発明の第５形態では、光源からの光で被照射面を照明する照明光学系において、

オプティカルインテグレータを有し、該オプティカルインテグレータよりも後側の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系と、

前記後側の照明瞳を含む前記照明瞳空間に配置された第１形態乃至第４形態のいずれか１つの補正ユニットとを備えていることを特徴とする照明光学系を提供する。

[0015] 本発明の第６形態では、光源からの光で被照射面を照明する照明光学系において、

オプティカルインテグレータを有し、該オプティカルインテグレータよりも後側の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系と、

前記後側の照明瞳を含む前記照明瞳空間に配置された第１形態乃至第４形態のいずれか１つの補正ユニットとを備え、

前記オプティカルインテグレータは所定方向に沿って細長い矩形状の単位波面分割面を有し、前記所定方向は前記補正ユニットにおける第１方向に対応していることを特徴とする照明光学系を提供する。

[0016] 本発明の第７形態では、所定のパターンを照明するための第５形態または第６形態の照明光学系を備え、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。

[0017] 本発明の第８形態では、第７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。

発明の効果

- [0018] 本発明の第1形態にかかる照明光学系は、オプティカルインテグレータよりも後側の照明瞳を含む照明瞳空間に配置されて照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニットを備えている。補正ユニットは、第1減光パターンが形成された第1基板と、その後側に配置されて第2減光パターンが形成された第2基板とを備え、第1減光パターンと第2減光パターンとの相対位置は変更可能である。また、補正ユニットは、第1基板と第2基板との相対位置の変化および第1基板への光の入射角度の変化に応じて第1減光パターンおよび第2減光パターンによる減光率が変化するように構成されている。
- [0019] その結果、補正ユニットの減光作用により、被照射面上の各点に関する瞳強度分布をそれぞれ独立的に調整することができ、ひいては各点に関する瞳強度分布を互いにほぼ同じ性状の分布に調整することが可能である。したがって、本発明の第1形態にかかる照明光学系では、例えば被照射面上の各点での瞳強度分布を一律に調整する濃度フィルターと、各点に関する瞳強度分布をそれぞれ独立的に調整する補正ユニットとの協働作用により、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整することができる。また、本発明の露光装置では、被照射面上の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する照明光学系を用いて、適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができ、ひいては良好なデバイスを製造することができる。
- [0020] 本発明の第3形態にかかる照明光学系は、オプティカルインテグレータよりも後側の照明瞳の直前または直後の位置に配置された一対の基板からなる補正ユニットを備えている。第1基板の入射面または射出面には少なくとも

1つの第1単位減光領域が形成され、第2基板の入射面または射出面には第1単位減光領域に対応して少なくとも1つの第2単位減光領域が形成されている。第1基板と第2基板とは、例えばオプティカルインテグレータの単位波面分割面の長辺方向に沿って相対移動可能に構成されている。

[0021] この構成により、補正ユニットは、被照射面の所定方向に沿って減光率が様々な態様にしたがって変化する多様な減光率特性を実現する。したがって、本発明の第3形態にかかる照明光学系では、補正ユニットの多様な減光作用により、被照射面上の各点に関する瞳強度分布において光軸を挟んで所定方向に間隔を隔てた一对の領域の光強度差を調整することができる。また、本発明の露光装置では、被照射面上の各点に関する瞳強度分布において光軸を挟んで所定方向に間隔を隔てた一对の領域の光強度差を調整する照明光学系を用いて、適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができ、ひいては良好なデバイスを製造することができる。

図面の簡単な説明

[0022] [図1]本発明の第1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]第1実施形態において照明瞳に形成される4極状の二次光源を示す図である。

[図3]各実施形態においてウェハ上に形成される矩形状の静止露光領域を示す図である。

[図4]第1実施形態において静止露光領域内の中心点P1に入射する光が形成する4極状の瞳強度分布の性状を説明する図である。

[図5]第1実施形態において静止露光領域内の周辺点P2、P3に入射する光が形成する4極状の瞳強度分布の性状を説明する図である。

[図6] (a)は第1実施形態において中心点P1に関する瞳強度分布のZ方向に沿った光強度分布を、(b)は第1実施形態において周辺点P2、P3に関する瞳強度分布のZ方向に沿った光強度分布を模式的に示す図である。

[図7]第1実施形態の補正ユニットの構成を概略的に示す第1の図である。

[図8] 第1実施形態の補正ユニットの構成を概略的に示す第2の図である。

[図9] 第1実施形態の補正ユニットの構成を概略的に示す第3の図である。

[図10] 第1実施形態の補正ユニットの基本的な作用を説明する第1の図である。

[図11] 第1実施形態の補正ユニットの基本的な作用を説明する第2の図である。

[図12] 第1実施形態の補正ユニットの基本的な作用を説明する第3の図である。

[図13] 第1実施形態の補正ユニットの基本的な作用を説明する第4の図である。

[図14] 第1実施形態において中心点P1に関する瞳強度分布が補正ユニットにより調整される様子を模式的に示す図である。

[図15] 第1実施形態において周辺点P2, P3に関する瞳強度分布が補正ユニットにより調整される様子を模式的に示す図である。

[図16] 第1実施形態の変形例にかかる補正ユニットの構成を概略的に示す第1の図である。

[図17] (a) は図16の変形例にかかる補正ユニットの第1基板に複数の遮光性の線状領域が形成されている様子を、(b) は第2基板に複数の遮光性の線状領域が形成されている様子を示す図である。

[図18] 図16の変形例にかかる補正ユニットの基本的な作用を説明する第1の図である。

[図19] 図16の変形例にかかる補正ユニットの基本的な作用を説明する第2の図である。

[図20] 図16の変形例にかかる補正ユニットの基本的な作用を説明する第3の図である。

[図21] 本発明の第2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22] 第2実施形態において照明瞳に形成される4極状の二次光源を示す図

である。

[図23] 第2実施形態において静止露光領域内の周辺点P2に入射する光が形成する4極状の瞳強度分布の性状を説明する図である。

[図24] 第2実施形態において静止露光領域内の周辺点P3に入射する光が形成する4極状の瞳強度分布の性状を説明する図である。

[図25] 第2実施形態の補正ユニットの構成を概略的に示す第1の図である。

[図26] 第2実施形態の補正ユニットの構成を概略的に示す第2の図である。

[図27] 第2実施形態の補正ユニットの構成を概略的に示す第3の図である。

[図28] 第2実施形態の補正ユニットの基本的な作用を説明する第1の図である。

[図29] 第2実施形態の補正ユニットの基本的な作用を説明する第2の図である。

[図30] 第2実施形態の補正ユニットの基本的な作用を説明する第3の図である。

[図31] 第2実施形態において第1基板に対する第2基板および第3基板の第1の相対位置と補正ユニットの減光作用との関係を説明する図である。

[図32] 図31の補正ユニットが一对の面光源に及ぼす減光作用の大きさを模式的に示す図である。

[図33] 第2実施形態において第1基板に対して第2基板および第3基板を第2の相対位置に設定したときに補正ユニットが一对の面光源に及ぼす減光作用の大きさを模式的に示す図である。

[図34] 第2実施形態において第1基板に対して第2基板および第3基板を第3の相対位置に設定したときに補正ユニットが一对の面光源に及ぼす減光作用の大きさを模式的に示す図である。

[図35] 第2実施形態において周辺点P2に関する瞳強度分布が補正ユニットにより調整される様子を模式的に示す図である。

[図36] 第2実施形態において周辺点P3に関する瞳強度分布が補正ユニットにより調整される様子を模式的に示す図である。

[図37] 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38] 液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャートである。

発明を実施するための形態

[0023] 本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。図1は、本発明の第1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において、感光性基板であるウェハWの露光面（転写面）の法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの露光面内において図1の紙面に平行な方向にY軸を、ウェハWの露光面内において図1の紙面に垂直な方向にX軸をそれぞれ設定している。

[0024] 図1を参照すると、第1実施形態の露光装置では、光源1から露光光（照明光）が供給される。光源1として、たとえば193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザ光源や248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザ光源などを用いることができる。光源1から射出された光束は、整形光学系2および輪帯照明用の回折光学素子3を介して、アフォーカルレンズ4に入射する。整形光学系2は、光源1からのほぼ平行な光束を所定の矩形状の断面を有するほぼ平行な光束に変換して回折光学素子3へ導く機能を有する。

[0025] アフォーカルレンズ4は、その前側焦点位置と回折光学素子3の位置とがほぼ一致し且つその後側焦点位置と図中破線で示す所定面IPの位置とがほぼ一致するように設定されたアフォーカル系（無焦点光学系）である。回折光学素子3は、基板に露光光（照明光）の波長程度のピッチを有する段差を形成することによって構成され、入射ビームを所望の角度に回折する作用を有する。具体的に、輪帯照明用の回折光学素子3は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファースフィールド（またはフラウンホーファー回折領域）に輪帯状の光強度分布を形成する機能を有する。

[0026] したがって、回折光学素子3に入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ4の瞳面に輪帯状の光強度分布を形成した後、輪帯状の角度分布でア

オーカルレンズ 4 から射出される。アフォーカルレンズ 4 の前側レンズ群 4 a と後側レンズ群 4 b との間の光路中において、その瞳位置またはその近傍には、濃度フィルター 5 および円錐アキシコン系 6 が配置されている。濃度フィルター 5 は平行平板の形態を有し、その光学面にはクロムや酸化クロム等からなる遮光性ドットの濃密パターンが形成されている。すなわち、濃度フィルター 5 は、光の入射位置に応じて透過率の異なる透過率分布を有する。濃度フィルター 5 の具体的な作用、並びに円錐アキシコン系 6 の構成および作用については後述する。

[0027] アフォーカルレンズ 4 を介した光は、 σ 値（ σ 値＝照明光学系のマスク側開口数／投影光学系のマスク側開口数）可変用のズームレンズ 7 を介して、オプティカルインテグレータとしてのマイクロフライアイレンズ（またはフライアイレンズ）8 に入射する。マイクロフライアイレンズ 8 は、例えば縦横に且つ稠密に配列された多数の正屈折力を有する微小レンズからなる光学素子であって、平行平板にエッチング処理を施して微小レンズ群を形成することによって構成されている。

[0028] マイクロフライアイレンズを構成する各微小レンズは、フライアイレンズを構成する各レンズエレメントよりも微小である。また、マイクロフライアイレンズは、互いに隔絶されたレンズエレメントからなるフライアイレンズとは異なり、多数の微小レンズ（微小屈折面）が互いに隔絶されることなく一体的に形成されている。しかしながら、正屈折力を有するレンズ要素が縦横に配置されている点でマイクロフライアイレンズはフライアイレンズと同じ波面分割型のオプティカルインテグレータである。なお、マイクロフライアイレンズ 8 として、例えばシリンドリカルマイクロフライアイレンズを用いることもできる。シリンドリカルマイクロフライアイレンズの構成および作用は、例えば米国特許第 6 9 1 3 3 7 3 号公報に開示されている。

[0029] 所定面 I P の位置はズームレンズ 7 の前側焦点位置またはその近傍に配置され、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面はズームレンズ 7 の後側焦点位置またはその近傍に配置されている。換言すると、ズームレンズ 7 は、所定

面 I P とマイクロフライアイレンズ 8 の入射面とを実質的にフーリエ変換の関係に配置し、ひいてはアフォーカルレンズ 4 の瞳面とマイクロフライアイレンズ 8 の入射面とを光学的にほぼ共役に配置している。

[0030] したがって、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面上には、アフォーカルレンズ 4 の瞳面と同様に、たとえば光軸 A X を中心とした輪帯状の照野が形成される。この輪帯状の照野の全体形状は、ズームレンズ 7 の焦点距離に依存して相似的に変化する。マイクロフライアイレンズ 8 における各微小レンズの入射面（すなわち単位波面分割面）は、例えば Y 方向に沿って長辺を有し且つ X 方向に沿って短辺を有する矩形状であって、マスク M 上において形成すべき照明領域の形状（ひいてはウェハ W 上において形成すべき露光領域の形状）と相似な矩形状である。

[0031] マイクロフライアイレンズ 8 に入射した光束は二次元的に分割され、その後側焦点面またはその近傍の位置（ひいては照明瞳の位置）には、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面に形成される照野とほぼ同じ光強度分布を有する二次光源、すなわち光軸 A X を中心とした輪帯状の実質的な面光源からなる二次光源（瞳強度分布）が形成される。マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍には、補正ユニット 9 が配置されている。補正ユニット 9 の構成および作用については後述する。

[0032] また、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍には、必要に応じて、輪帯状の二次光源に対応した輪帯状の開口部（光透過部）を有する照明開口絞り（不図示）が配置されている。照明開口絞りは、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ大きさおよび形状の異なる開口部を有する複数の開口絞り（不図示）と切り換え可能に構成されている。開口絞りの切り換え方式として、たとえば周知のターレット方式やスライド方式などを用いることができる。照明開口絞りは、後述する投影光学系 P L の入射瞳面と光学的にほぼ共役な位置に配置され、二次光源の照明に寄与する範囲を規定する。

[0033] マイクロフライアイレンズ 8 および補正ユニット 9 を経た光は、コンデンサー光学系 10 を介して、マスクブラインド 11 を重畳的に照明する。こう

して、照明視野絞りとしてのマスクブラインド 11 には、マイクロフライアイレンズ 8 の微小レンズの形状と焦点距離とに応じた矩形状の照野が形成される。マスクブラインド 11 の矩形状の開口部（光透過部）を経た光は、前側レンズ群 12 a と後側レンズ群 12 b とからなる結像光学系 12 を介して、所定のパターンが形成されたマスク M を重畳的に照明する。すなわち、結像光学系 12 は、マスクブラインド 11 の矩形状開口部の像をマスク M 上に形成することになる。

[0034] マスクステージ MS 上に保持されたマスク M には転写すべきパターンが形成されており、パターン領域全体のうち Y 方向に沿って長辺を有し且つ X 方向に沿って短辺を有する矩形状（スリット状）のパターン領域が照明される。マスク M のパターン領域を透過した光は、投影光学系 PL を介して、ウェハステージ WS 上に保持されたウェハ（感光性基板）W 上にマスクパターンの像を形成する。すなわち、マスク M 上での矩形状の照明領域に光学的に対応するように、ウェハ W 上においても Y 方向に沿って長辺を有し且つ X 方向に沿って短辺を有する矩形状の静止露光領域（実効露光領域）にパターン像が形成される。

[0035] こうして、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、投影光学系 PL の光軸 AX と直交する平面（XY 平面）内において、X 方向（走査方向）に沿ってマスクステージ MS とウェハステージ WS とを、ひいてはマスク M とウェハ W とを同期的に移動（走査）させることにより、ウェハ W 上には静止露光領域の Y 方向寸法に等しい幅を有し且つウェハ W の走査量（移動量）に応じた長さを有するショット領域（露光領域）に対してマスクパターンが走査露光される。

[0036] 円錐アキシコン系 6 は、光源側から順に、光源側に平面を向け且つマスク側に凹円錐状の屈折面を向けた第 1 プリズム部材 6 a と、マスク側に平面を向け且つ光源側に凸円錐状の屈折面を向けた第 2 プリズム部材 6 b とから構成されている。そして、第 1 プリズム部材 6 a の凹円錐状の屈折面と第 2 プリズム部材 6 b の凸円錐状の屈折面とは、互いに当接可能なように相補的に

形成されている。また、第1プリズム部材6aおよび第2プリズム部材6bのうち少なくとも一方の部材が光軸AXに沿って移動可能に構成され、第1プリズム部材6aと第2プリズム部材6bとの間隔が可変に構成されている。

[0037] ここで、第1プリズム部材6aと第2プリズム部材6bとが互いに当接している状態では、円錐アキシコン系6は平行平板として機能し、形成される輪帯状の二次光源に及ぼす影響はない。しかしながら、第1プリズム部材6aと第2プリズム部材6bとを離間させると、輪帯状の二次光源の幅（輪帯状の二次光源の外径と内径との差の $1/2$ ）を一定に保ちつつ、輪帯状の二次光源の外径（内径）が変化する。すなわち、輪帯状の二次光源の輪帯比（内径／外径）および大きさ（外径）が変化する。

[0038] ズームレンズ7は、輪帯状の二次光源の全体形状を相似的に拡大または縮小する機能を有する。たとえば、ズームレンズ7の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大させることにより、輪帯状の二次光源の全体形状が相似的に拡大される。換言すると、ズームレンズ7の作用により、輪帯状の二次光源の輪帯比が変化することなく、その幅および大きさ（外径）がともに変化する。このように、円錐アキシコン系6およびズームレンズ7の作用により、輪帯状の二次光源の輪帯比と大きさ（外径）とを制御することができる。

[0039] 第1実施形態では、上述したように、マイクロフライアイレンズ8により形成される二次光源を光源として、照明光学系（2～12）の被照射面に配置されるマスクMをケーラー照明する。このため、二次光源が形成される位置は投影光学系PLの開口絞りASの位置と光学的に共役であり、二次光源の形成面を照明光学系（2～12）の照明瞳面と呼ぶことができる。典型的には、照明瞳面に対して被照射面（マスクMが配置される面、または投影光学系PLを含めて照明光学系と考える場合にはウェハWが配置される面）が光学的なフーリエ変換面となる。

[0040] なお、瞳強度分布とは、照明光学系（2～12）の照明瞳面または当該照明瞳面と光学的に共役な面における光強度分布（輝度分布）である。マイク

ロフライアイレンズ 8 による波面分割数が比較的大きい場合、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面に形成される大局的な光強度分布と、二次光源全体の大局的な光強度分布（瞳強度分布）とが高い相関を示す。このため、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面および当該入射面と光学的に共役な面における光強度分布についても瞳強度分布と称することができる。図 1 の構成において、回折光学素子 3、アフォーカルレンズ 4、ズームレンズ 7、およびマイクロフライアイレンズ 8 は、マイクロフライアイレンズ 8 よりも後側の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系を構成している。

[0041] 輪帯照明用の回折光学素子 3 に代えて、複数極照明（2 極照明、4 極照明、8 極照明など）用の回折光学素子（不図示）を照明光路中に設定することによって、複数極照明を行うことができる。複数極照明用の回折光学素子は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファーフールドに複数極状（2 極状、4 極状、8 極状など）の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、複数極照明用の回折光学素子を介した光束は、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面に、たとえば光軸 A X を中心とした複数の所定形状（円弧状、円形状など）の照野からなる複数極状の照野を形成する。その結果、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍にも、その入射面に形成された照野と同じ複数極状の二次光源が形成される。

[0042] また、輪帯照明用の回折光学素子 3 に代えて、円形照明用の回折光学素子（不図示）を照明光路中に設定することによって、通常の円形照明を行うことができる。円形照明用の回折光学素子は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、ファーフールドに円形状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、円形照明用の回折光学素子を介した光束は、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面に、たとえば光軸 A X を中心とした円形状の照野を形成する。その結果、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍にも、その入射面に形成された照野と同じ円形状の二次光源が形成される。また、輪帯照明用の回折光学素子 3 に代えて、適当な特性を有する回折光学素子（不図示）を照明光路中に設定することによって、様々な形

態の変形照明を行うことができる。回折光学素子 3 の切り換え方式として、たとえば周知のターレット方式やスライド方式などを用いることができる。

[0043] 以下の説明では、第 1 実施形態の作用効果の理解を容易にするために、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳には、図 2 に示すような 4 つの円弧状の実質的な面光源（以下、単に「面光源」という）20a, 20b, 20c および 20d からなる 4 極状の瞳強度分布（二次光源）20 が形成されるものとする。また、補正ユニット 9 は、4 極状の瞳強度分布 20 の形成面よりも後側（マスク側）に配置されているものとする。また、以下の説明において単に「照明瞳」という場合には、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳を指すものとする。

[0044] 図 2 を参照すると、照明瞳に形成される 4 極状の瞳強度分布 20 は、光軸 AX を挟んで X 方向に間隔を隔てた一対の面光源 20a および 20b と、光軸 AX を挟んで Y 方向に間隔を隔てた一対の円弧状の実質的な面光源 20c および 20d とを有する。なお、照明瞳における X 方向はマイクロフライアイレンズ 8 の矩形状の微小レンズの短辺方向（矩形状の単位波面分割面の短辺方向）であって、ウェハ W の走査方向に対応している。また、照明瞳における Y 方向は、マイクロフライアイレンズ 8 の矩形状の微小レンズの長辺方向（単位波面分割面の長辺方向）であって、ウェハ W の走査方向と直交する走査直交方向（ウェハ W 上における Y 方向）に対応している。

[0045] ウェハ W 上には、図 3 に示すように、Y 方向に沿って長辺を有し且つ X 方向に沿って短辺を有する矩形状の静止露光領域 ER が形成され、この静止露光領域 ER に対応するように、マスク M 上には矩形状の照明領域（不図示）が形成される。ここで、静止露光領域 ER 内の 1 点に入射する光が照明瞳に形成する 4 極状の瞳強度分布は、入射点の位置に依存することなく、互いにほぼ同じ形状を有する。しかしながら、4 極状の瞳強度分布を構成する各面光源の光強度は、入射点の位置に依存して異なる傾向がある。

[0046] 具体的には、図 4 に示すように、静止露光領域 ER 内の中心点 P1 に入射する光が形成する 4 極状の瞳強度分布 21 の場合、Y 方向に間隔を隔てた面

光源 2 1 c および 2 1 d の光強度の方が、X 方向に間隔を隔てた面光源 2 1 a および 2 1 b の光強度よりも大きくなる傾向がある。一方、図 5 に示すように、静止露光領域 E R 内の中心点 P 1 から Y 方向に間隔を隔てた周辺の点 P 2, P 3 に入射する光が形成する 4 極状の瞳強度分布 2 2 の場合、Y 方向に間隔を隔てた面光源 2 2 c および 2 2 d の光強度の方が、X 方向に間隔を隔てた面光源 2 2 a および 2 2 b の光強度よりも小さくなる傾向がある。

[0047] 一般に、照明瞳に形成される瞳強度分布の外形形状にかかわらず、ウェハ W 上の静止露光領域 E R 内の中心点 P 1 に関する瞳強度分布（中心点 P 1 に入射する光が照明瞳に形成する瞳強度分布）の Y 方向（走査直交方向）に沿った光強度分布は、図 6（a）に示すように、中央において最も小さく周辺に向かって増大する凹曲線状の分布を有する。一方、ウェハ W 上の静止露光領域 E R 内の周辺点 P 2, P 3 に関する瞳強度分布の Y 方向に沿った光強度分布は、図 6（b）に示すように、中央において最も大きく周辺に向かって減少する凸曲線状の分布を有する。

[0048] そして、瞳強度分布の Y 方向に沿った光強度分布は、静止露光領域 E R 内の X 方向（走査方向）に沿った入射点の位置にはあまり依存しないが、静止露光領域 E R 内の Y 方向（走査直交方向）に沿った入射点の位置に依存して変化する傾向がある。このように、ウェハ W 上の静止露光領域 E R 内の各点に関する瞳強度分布（各点に入射する光が照明瞳に形成する瞳強度分布）がそれぞれほぼ均一でない場合、ウェハ W 上の位置毎にパターンの線幅がばらついて、マスク M の微細パターンを露光領域の全体に亘って所望の線幅でウェハ W 上に忠実に転写することができない。

[0049] 第 1 実施形態では、上述したように、アフォーカルレンズ 4 の瞳位置またはその近傍に、光の入射位置に応じて透過率の異なる透過率分布を有する濃度フィルター 5 が配置されている。また、アフォーカルレンズ 4 の瞳位置は、その後側レンズ群 4 b とズームレンズ 7 とにより、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面と光学的に共役である。したがって、濃度フィルター 5 の作用により、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面に形成される光強度分布が

調整（補正）され、ひいてはマイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳に形成される瞳強度分布も調整される。

[0050] ただし、濃度フィルター 5 は、ウェハ W 上の静止露光領域 E R 内の各点に関する瞳強度分布を、各点の位置に依存することなく一律に調整する。その結果、濃度フィルター 5 の作用により、例えば中心点 P 1 に関する 4 極状の瞳強度分布 2 1 がほぼ均一になるように、ひいては各面光源 2 1 a ~ 2 1 d の光強度が互いにほぼ等しくなるように調整することはできるが、その場合には周辺点 P 2、P 3 に関する 4 極状の瞳強度分布 2 2 の面光源 2 2 a、2 2 b と面光源 2 2 c、2 2 d との光強度の差は却って大きくなってしまう。

[0051] すなわち、濃度フィルター 5 の作用により、ウェハ W 上の静止露光領域 E R 内の各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整するには、濃度フィルター 5 とは別の手段により、各点に関する瞳強度分布を互いに同じ性状の分布に調整する必要がある。具体的には、例えば中心点 P 1 に関する瞳強度分布 2 1 および周辺点 P 2、P 3 に関する瞳強度分布 2 2 において、面光源 2 1 a、2 1 b と面光源 2 1 c、2 1 d との光強度の大小関係と面光源 2 2 a、2 2 b と面光源 2 2 c、2 2 d との光強度の大小関係とをほぼ同じ比率で一致させる必要がある。

[0052] 第 1 実施形態では、中心点 P 1 に関する瞳強度分布の性状と周辺点 P 2、P 3 に関する瞳強度分布の性状とをほぼ一致させるために、周辺点 P 2、P 3 に関する瞳強度分布 2 2 において面光源 2 2 a、2 2 b の光強度の方が面光源 2 2 c、2 2 d の光強度よりも小さくなるように調整するための調整手段として補正ユニット 9 を備えている。補正ユニット 9 は、図 7 および図 8 に示すように、光軸 A X（Z 方向に対応）に沿って所定の厚さを有する一対の光透過性の基板 9 1 および 9 2 を備えている。各基板 9 1、9 2 は、例えば石英または蛍石のような光学材料により形成された平行平板の形態を有する。

[0053] 第 1 基板 9 1 は、例えば光軸 A X を中心とする円形状の外形形状を有し、その入射面 9 1 a が光軸 A X と直交するような姿勢で固定的に位置決めされ

ている。第2基板92は、第1基板91の後側（マスク側）に配置されて、例えば光軸AXを中心とする円形状の外形状を有する。また、第2基板92は、その入射面92aが光軸AXと直交する姿勢を維持しつつ、光軸AX方向（Z方向）に移動可能に構成されている。補正ユニット9では、駆動制御系99からの指令に基づき、第2基板92が光軸AX方向に移動する。なお、第2基板92を固定的に位置決めし且つ第1基板91を光軸AX方向に移動可能に構成したり、基板91および92の双方を光軸AX方向に移動可能に構成したりすることもできる。

[0054] 図9を参照すると、基板91の射出面91bおよび基板92の入射面92aには、互いに同じ外形状および同じ大きさを有する遮光性ドット51a, 51bおよび52a, 52bが、所定の分布にしたがって形成されている。ここで、単位減光領域としての各遮光性ドット51a, 51b, 52a, 52bは、例えばクロムや酸化クロム等からなる。また、遮光性ドット52aは遮光性ドット51aに一対一対応するように分布形成され、遮光性ドット52bは遮光性ドット51bに一対一対応するように分布形成されている。

[0055] ここで、一群の遮光性ドット51aおよび一群の遮光性ドット52aは面光源20aからの光に作用するように配置され、一群の遮光性ドット51bおよび一群の遮光性ドット52bは面光源20bからの光に作用するように配置されている。図9では、図面の明瞭化のために、基板91の射出面91bに形成された一対の遮光性ドット51aおよび51b、並びに基板92の入射面92aに形成された一対の遮光性ドット52aおよび52bだけを示している。

[0056] 以下、説明の理解を容易にするために、各遮光性ドット51a, 51b, 52a, 52bは円形状の外形状を有し、遮光性ドット51aと52aとが光軸AX方向から見て互いに重なり合い、遮光性ドット51bと52bとが光軸AX方向から見て互いに重なり合っているものとする。また、説明の理解を容易にするために、基板91の一対の遮光性ドット51aおよび51

b、並びに基板92の一对の遮光性ドット52aおよび52bだけに着目して、補正ユニット9の作用を説明する。

[0057] 第2基板92の光軸AX方向に沿った基準状態（基準位置）において、円形状の遮光性ドット51aと52aとの組み合わせからなる組み合わせ減光領域に対して光軸AXに平行な光が入射すると、補正ユニット9の直後であって射出面92bに平行な面において、図10（a）の左側に示すように、円形状の遮光性ドット51aにより減光された領域51aaと、円形状の遮光性ドット52aにより減光された領域52aaとは互いに重なり合う。すなわち、補正ユニット9の直後において、円形状の減光領域51aaと52aaとは、円形状の減光領域51aaの1個分の面積を有する減光領域を形成する。

[0058] 補正ユニット9に光軸AXに平行な光が入射する場合、第2基板92が基準状態から+Z方向に移動して基板91と92との光軸AX方向の間隔、ひいては遮光性ドット51aと52aとの光軸AX方向の間隔が大きくなっても、図10（a）の右側に示すように、減光領域51aaと52aaとは重なり合ったまま変化しない。同様に、光軸AXに平行な光が入射する場合、第2基板92が基準状態から-Z方向に移動して遮光性ドット51aと52aとの間隔が小さくなっても、図示を省略したが、減光領域51aaと52aaとは重なり合ったまま変化しない。

[0059] 第2基板92の光軸AX方向に沿った基準状態において、円形状の遮光性ドット51aと52aとの組み合わせからなる組み合わせ減光領域に入射する光の光軸AXに対する角度が例えばYZ平面に沿って0度から単調に増大すると、補正ユニット9の直後において、図10（b）の左側に示すように、減光領域51aaおよび52aaが互いに異なる距離だけZ方向に移動し、減光領域51aaと52aaとの重なり合う領域が単調に減少する。その結果、図10（b）の左側に示す状態では、円形状の減光領域51aaと52aaとが、その重なり合う領域の面積に応じて、円形状の減光領域51aaの1個分の面積よりも大きく且つ2個分の面積よりも小さい面積を有する

減光領域を形成する。

[0060] 図10(b)の左側に示す状態から、第2基板92が+Z方向に移動して遮光性ドット51aと52aとの間隔が単調に増大すると、図10(b)の右側に示すように、減光領域51aaと52aaとの重なり合う領域が単調に減少し、減光領域51aaと52aaとが形成する減光領域の面積は単調に増大する。また、図10(b)の左側に示す状態から、第2基板92が-Z方向に移動して遮光性ドット51aと52aとの間隔が単調に減少すると、図示を省略したが、減光領域51aaと52aaとの重なり合う領域が単調に増大し、減光領域51aaと52aaとが形成する減光領域の面積は単調に減少する。

[0061] こうして、補正ユニット9では、基板91と92との光軸AX方向の間隔が一定であるとき、円形状の遮光性ドット51aと52aとからなる組み合わせ減光領域は、第1基板91に対する光の入射角度が大きくなるにつれて減光率が増大する減光作用を発揮する。このことは、図11(a)の左側の図と図11(b)の左側の図との比較、および図11(a)の右側の図と図11(b)の右側の図との比較により明らかである。同様に、基板91と92との光軸AX方向の間隔が一定であるとき、円形状の遮光性ドット51bと52bとからなる組み合わせ減光領域も、第1基板91に対する光の入射角度が大きくなるにつれて減光率が増大する減光作用を発揮する。

[0062] また、補正ユニット9では、第1基板91に対する光の入射角度が0度であるとき、すなわち光軸AXに平行な光が入射するとき、円形状の遮光性ドット51aと52aとからなる組み合わせ減光領域は、基板91と92との光軸AX方向の間隔の変化にかかわらず、減光率は不変であり比較的小さい一定の減光作用を発揮する。このことは、図11(a)の左側の図と図11(a)の右側の図との比較により明らかである。同様に、光軸AXに平行な光が入射するとき、円形状の遮光性ドット51bと52bとからなる組み合わせ減光領域は、基板91と92との間隔の変化にかかわらず、比較的小さい一定の減光作用を発揮する。

- [0063] また、補正ユニット9では、第1基板91に対する光の入射角度が一定（入射角度が0度でない所定の値）であるとき、円形状の遮光性ドット51aと52aとからなる組み合わせ減光領域は、基板91と92との光軸AX方向の間隔が大きくなるにつれて減光率が増大する減光作用を発揮する。このことは、図11（b）の左側の図と図11（b）の右側の図との比較により明らかである。同様に、補正ユニット9では、第1基板91に対する光の入射角度が一定であるとき、円形状の遮光性ドット51bと52bとからなる組み合わせ減光領域も、基板91と92との光軸AX方向の間隔が大きくなるにつれて減光率が増大する減光作用を発揮する。
- [0064] 第1実施形態では、第1基板91と第2基板92とが光軸AX方向に沿って相対移動可能に構成されている。また、補正ユニット9は、4極状の瞳強度分布20のうち、光軸AXを挟んでX方向（単位波面分割面の短辺方向）に間隔を隔てた一対の面光源20aおよび20bからの光に作用し、光軸AXを挟んでY方向（単位波面分割面の長辺方向）に間隔を隔てた一対の面光源20cおよび20dからの光には作用しないように構成されている。
- [0065] ここで、図12を参照すると、ウェハW上の静止露光領域ER内の中心点P1に達する光、すなわちマスクブラインド11の開口部の中心点P1'に達する光は、補正ユニット9に対して（すなわち第1基板91に対して）入射角度0で入射する。換言すれば、中心点P1に関する瞳強度分布21の面光源21aおよび21bからの光は、入射角度0で第1基板91に入射する。
- [0066] 一方、図13に示すように、ウェハW上の静止露光領域ER内の周辺点P2、P3に達する光、すなわちマスクブラインド11の開口部の周辺点P2'、P3'に達する光は、補正ユニット9に対して比較的大きい入射角度 $\pm\theta$ で入射する。換言すれば、周辺点P2、P3に関する瞳強度分布22の面光源22aおよび22bからの光は、比較的大きい入射角度 $\pm\theta$ で第1基板91に入射する。
- [0067] なお、図12および図13において、参照符号B1は面光源20a（21

a, 22 a) のX方向に沿った最外縁の点を示し、参照符号B 2は面光源20 b (21 b, 22 b) のX方向に沿った最外縁の点を示している。また、図1 2および図1 3に関連する説明の理解を容易するために、面光源20 c (21 c, 22 c) のZ方向に沿った最外縁の点(図2などを参照)を参照符号B 3で示し、面光源20 d (21 d, 22 d) のZ方向に沿った最外縁の点(図2などを参照)を参照符号B 4で示している。ただし、上述したように、面光源20 c (21 c, 22 c) および面光源20 d (21 d, 22 d) からの光は、補正ユニット9の作用を受けない。

[0068] こうして、中心点P 1に関する瞳強度分布21のうち、面光源21 aおよび21 bからの光は、補正ユニット9の減光作用を受けるものの、その光強度の低下は比較的小さい。面光源21 cおよび21 dからの光は、補正ユニット9の減光作用を受けないため、その光強度は変化しない。その結果、中心点P 1に関する瞳強度分布21は、図1 4に示すように、補正ユニット9の減光作用を受けても、元の分布21とほぼ同じ性状の瞳強度分布21' に調整されるだけである。すなわち、補正ユニット9により調整された瞳強度分布21' においても、Y方向に間隔を隔てた面光源21 c, 21 dの光強度の方がX方向に間隔を隔てた面光源21 a', 21 b' の光強度よりも大きい性状は維持される。

[0069] 一方、周辺点P 2、P 3に関する瞳強度分布22のうち、面光源22 aおよび22 bからの光は、補正ユニット9の減光作用を受けて、その光強度は比較的大きく低下する。ここで、面光源22 aおよび22 bからの光の強度低下の程度は、補正ユニット9における基板91と92との間隔を変化させることにより調整可能である。一方、面光源22 cおよび22 dからの光は、補正ユニット9の減光作用を受けないため、その光強度は変化しない。その結果、周辺点P 2、P 3に関する瞳強度分布22は、図1 5に示すように、補正ユニット9の減光作用により、元の分布22とは異なる性状の瞳強度分布22' に調整される。すなわち、補正ユニット9により調整された瞳強度分布22' では、Y方向に間隔を隔てた面光源22 c, 22 dの光強度の

方がX方向に間隔を隔てた面光源22a', 22b'の光強度よりも大きい性状に変化する。

[0070] こうして、補正ユニット9の減光作用により、周辺点P2、P3に関する瞳強度分布22は、中心点P1に関する瞳強度分布21'とほぼ同じ性状の分布22'に調整される。同様に、中心点P1と周辺点P2、P3との間でY方向に沿って並んだ各点に関する瞳強度分布、ひいてはウェハW上の静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布も、中心点P1に関する瞳強度分布21'とほぼ同じ性状の分布に調整される。換言すれば、補正ユニット9の減光作用により、ウェハW上の静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布は互いにほぼ同じ性状の分布に調整される。さらに別の表現をすれば、補正ユニット9は、各点に関する瞳強度分布を互いにほぼ同じ性状の分布に調整するために必要な所要の減光率特性を有する。

[0071] 以上のように、第1実施形態の補正ユニット9では、第1基板91の射出面91bに、第1減光パターンとして、複数の円形状の遮光性ドット51a, 51bが所定の分布にしたがって形成されている。また、第2基板92の入射面には、第2減光パターンとして、複数の遮光性ドット51a, 51bと一対一対応するように複数の円形状の遮光性ドット52a, 52bが形成されている。円形状の遮光性ドット51aと52aとは、互いに同じ大きさを有し、光軸AX方向から見て互いに重なり合っている。同様に、円形状の遮光性ドット51bと52bとは、互いに同じ大きさを有し、光軸AX方向から見て互いに重なり合っている。

[0072] また、第1基板91と第2基板92とは、光軸AX方向に沿って相対移動可能に構成されている。したがって、円形状の遮光性ドット51aと52aとからなる組み合わせ減光領域および円形状の遮光性ドット51bと52bとからなる組み合わせ減光領域は、いわゆる視差の効果により、光の入射角度が大きくなるにつれて減光率が単調に増大し、基板91と92との間隔が大きくなるにつれて減光率が単調に増大する減光作用を発揮する。ただし、光の入射角度が0度のときには、基板91と92との間隔の変化に依存する

ことなく減光率は一定である。

[0073] このように、補正ユニット9は、第1基板91と第2基板92との間隔の変化（一般には相対位置の変化）および第1基板91への光の入射角度の変化に応じて、第1減光パターン（51a, 51b）および第2減光パターン（52a, 52b）による減光率が変化するように構成されている。また、補正ユニット9は、照明瞳の近傍の位置、すなわち被照射面であるマスクM（またはウェハW）における光の位置情報が光の角度情報に変換される位置に配置されている。したがって、第1実施形態の補正ユニット9の減光作用により、被照射面上の各点に関する瞳強度分布をそれぞれ独立的に調整することができ、ひいては各点に関する瞳強度分布を互いにほぼ同じ性状の分布に調整することが可能である。

[0074] また、第1実施形態の照明光学系（2～12）では、ウェハW上の静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布をそれぞれ独立的に調整する補正ユニット9と、各点に関する瞳強度分布を一律に調整する濃度フィルター5との協働作用により、各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整することができる。したがって、第1実施形態の露光装置（2～WS）では、ウェハW上の静止露光領域ER内の各点での瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する照明光学系（2～12）を用いて、マスクMの微細パターンに応じた適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことができ、ひいてはマスクMの微細パターンを露光領域の全体に亘って所望の線幅でウェハW上に忠実に転写することができる。

[0075] 第1実施形態において、静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布をそれぞれほぼ均一に調整する動作、さらに一般的には各点に関する瞳強度分布を所要の分布に調整する動作は、例えば投影光学系PLを介した光に基づいて投影光学系PLの瞳面における瞳強度分布を計測する瞳強度分布計測装置（不図示）の計測結果に基づいて行われる。瞳強度分布計測装置は、例えば投影光学系PLの瞳位置と光学的に共役な位置に配置された撮像面を有するCCD撮像部を備え、投影光学系PLの像面上の各点に関する瞳強度分布

（各点に入射する光線が投影光学系 P L の瞳面に形成する瞳強度分布）をモニターする。瞳強度分布計測装置の詳細な構成および作用については、米国特許公開第 2008/0030707 号公報などを参照することができる。

[0076] 具体的に、瞳強度分布計測装置の計測結果は、制御部（不図示）に供給される。制御部は、瞳強度分布計測装置の計測結果に基づいて、投影光学系 P L の瞳面における瞳強度分布が所望の分布になるように、補正ユニット 9 の駆動制御系 99 に指令を出力する。駆動制御系 99 は、制御部からの指令に基づいて第 2 基板 92 の Z 方向位置を制御し、ウェハ W 上の静止露光領域 E R 内の各点に関する瞳強度分布を所要の分布に調整する。

[0077] 第 1 実施形態において、ウェハ（被照射面）W 上の光量分布が、例えば補正ユニット 9 の減光作用（調整作用）の影響を受けることが考えられる。この場合、必要に応じて、公知の構成を有する光量分布調整部の作用により、静止露光領域 E R 内の照度分布または静止露光領域（照明領域）E R の形状を変更することができる。具体的に、照度分布を変更する光量分布調整部としては、特開 2001-313250 号および特開 2002-100561 号（並びにそれらに対応する米国特許第 6771350 号および第 6927836 号）に記載された構成および手法を用いることができる。また、照明領域の形状を変更する光量分布調整部としては、国際特許公開第 WO 2005/048326 号パンフレット（およびそれに対応する米国特許公開第 2007/0014112 号公報）に記載された構成および手法を用いることができる。

[0078] なお、上述の第 1 実施形態では、図 7～図 9 に示す特定の形態にしたがって、光軸 A X に対して垂直に配置された平行平板の形態を有する一対の基板 91 および 92 により補正ユニット 9 を構成している。そして、第 1 基板 91 の射出面 91 b には第 1 減光パターンとしての円形状の遮光性ドット 51 a, 51 b が分布形成され、第 2 基板 92 の入射面 92 a には第 2 減光パターンとしての円形状の遮光性ドット 52 a, 52 b が分布形成されている。しかしながら、これに限定されることなく、補正ユニット 9 の具体的な構

成については、様々な形態が可能である。

[0079] 例えば、補正ユニット 9 を構成する基板の形態（外形形状など）、基板の姿勢、各減光パターンを形成する単位減光領域の数、単位減光領域の形状、単位減光領域の形成面の位置（入射面または射出面）、単位減光領域の分布の形態、補正ユニット 9 の配置位置などについて、様々な形態が可能である。具体的に、上述の第 1 実施形態では、光透過性の基板 9 1, 9 2 として、例えば少なくとも一方の面が曲率を有するような基板を用いることができる。

[0080] また、上述の第 1 実施形態では、一对の基板 9 1 と 9 2 とが光軸 A X 方向に沿って相対的に移動可能に構成されている。しかしながら、これに限定されることなく、光軸 A X 廻りに相対的に回転可能な一对の基板により、上述の第 1 実施形態にかかる補正ユニット 9 と同様の作用を奏する補正ユニットを構成することもできる。図 1 6 を参照すると、上述の第 1 実施形態の変形例にかかる補正ユニット 9 A は、光軸 A X に沿って所定の厚さを有する一对の光透過性の基板 9 3 および 9 4 を備えている。各基板 9 3, 9 4 は、例えば石英または蛍石のような光学材料により形成された平行平板の形態を有する。

[0081] 第 1 基板 9 3 は、例えば光軸 A X を中心とする円形状の外形形状を有し、その入射面 9 3 a が光軸 A X と直交するような姿勢を維持しつつ、光軸 A X 廻りに回転可能に構成されている。第 2 基板 9 4 は、第 1 基板 9 3 の後側に配置されて、例えば光軸 A X を中心とする円形状の外形形状を有する。また、第 2 基板 9 4 は、その入射面 9 4 a が光軸 A X と直交する姿勢を維持しつつ、光軸 A X 廻りに回転可能に構成されている。補正ユニット 9 A では、駆動制御系 9 9 A からの指令に基づき、第 1 基板 9 3 および第 2 基板 9 4 が光軸 A X 廻りに回転する。

[0082] 基板 9 3 の射出面 9 3 b には、図 1 7 (a) に示すように、光軸 A X を中心とした円の周方向に沿って配列された複数の遮光性の線状領域 5 3 a および複数の遮光性の線状領域 5 3 b が形成されている。また、基板 9 4 の入射

面 9 4 a には、図 1 7 (b) に示すように、光軸 A X を中心とした円の周方向に沿って配列された複数の遮光性の線状領域 5 4 a および複数の遮光性の線状領域 5 4 b が形成されている。なお、図 1 7 (a) では、説明の理解を容易にするために、基板 9 3 の入射面 9 3 a 側から光軸 A X 方向に見た射出面 9 3 b の様子を示している。単位減光領域としての各線状領域 5 3 a, 5 3 b, 5 4 a, 5 4 b は、例えばクロムや酸化クロム等からなる。また、線状領域 5 4 a は線状領域 5 3 a に一対一対応するように分布形成され、線状領域 5 4 b は線状領域 5 3 b に一対一対応するように分布形成されている。

[0083] 以下、説明の理解を容易にするために、線状領域 5 3 a, 5 3 b, 5 4 a, 5 4 b は、互いに同じ形状および大きさを有し、光軸 A X を中心とした円の周方向に沿って等角度配列され且つ光軸 A X から間隔を隔てて放射状に延びているものとする。また、第 1 基板 9 3 の基準回転位置において、一群の線状領域 5 3 a は + X 軸と + Y 軸との間の 90 度の角度範囲にあり、一群の線状領域 5 3 b は - X 軸と - Y 軸との間の角度範囲にあるものとする。一方、第 2 基板 9 4 の基準回転位置において、一群の線状領域 5 4 a は + X 軸と - Y 軸との間の角度範囲にあり、一群の線状領域 5 4 b は - X 軸と + Y 軸との間の角度範囲にあるものとする。

[0084] 基板 9 3 および 9 4 の基準状態（基準回転位置）において、一群の線状領域 5 3 a, 5 3 b, 5 4 a, 5 4 b は、図 1 8 に示すように、光軸 A X 方向から見て互いに重なり合うことなく且つ周方向に沿って間隔を隔てている。したがって、面光源 20 a ~ 20 d からの光は、補正ユニット 9 A（ひいては基板 9 3）への入射角度に依存することなく、線状領域 5 3 a, 5 3 b, 5 4 a, 5 4 b により一律に減光作用を受ける。換言すれば、基板 9 3 および 9 4 の基準状態では、いわゆる視差の効果が発揮されることなく、線状領域 5 3 a, 5 3 b, 5 4 a, 5 4 b による減光作用は一定である。

[0085] 基板 9 3 を図 1 8 の基準状態から図 1 8 中反時計廻りに所定角度だけ回転させ且つ基板 9 4 を図 1 8 の基準状態から図 1 8 中時計廻りに所定角度だけ回転させると、図 1 9 に太線で示すように、例えば 3 つの線状領域 5 3 a と

3つの線状領域54aとが光軸AX方向から見て互いに重なり合い且つ3つの線状領域53bと3つの線状領域54bとが光軸AX方向から見て互いに重なり合う状態が得られる。図19に示す状態において、互いに重なり合う3つの線状領域53aと54aとからなる組み合わせ減光領域55aおよび互いに重なり合う3つの線状領域53bと54bとからなる組み合わせ減光領域55bは、いわゆる視差の効果により、光の入射角度が大きくなるにつれて減光率が単調に増大する減光作用を発揮する。ここで、3つの線状領域53aと54aとからなる組み合わせ減光領域55aは面光源20aからの光に作用し、3つの線状領域53bと54bとからなる組み合わせ減光領域55bは面光源20bからの光に作用する。

[0086] さらに、基板93を図19に示す状態から図18中反時計廻りに所定角度だけ回転させ且つ基板94を図19に示す状態から図18中時計廻りに所定角度だけ回転させると、図20に太線で示すように、例えば5つの線状領域53aと5つの線状領域54aとが光軸AX方向から見て互いに重なり合い且つ5つの線状領域53bと5つの線状領域54bとが光軸AX方向から見て互いに重なり合う状態が得られる。すなわち、線状領域53a、53b、54a、54bが光軸AX方向から見て重なり合う重複領域55a、55bは、図19に示す状態よりも増大する。図20に示す状態において、5つの線状領域53aと54aとからなる組み合わせ減光領域55aおよび5つの線状領域53bと54bとからなる組み合わせ減光領域55bは、光の入射角度が大きくなるにつれて減光率が単調に増大する減光作用を発揮する。

[0087] このように、補正ユニット9Aでは、第1基板93と第2基板94との光軸AX廻りの相対的な回転位置の変化に応じて、第1減光パターン（53a、53b）と第2減光パターン（54a、54b）とが光軸AX方向から見て重なり合う重複領域55a、55bの大きさが変化するように構成されている。補正ユニット9Aは、第1基板93に対する光の入射角度が一定であるとき、第1減光パターン（53a、53b）と第2減光パターン（54a、54b）との重複領域55a、55bが大きくなるにつれて減光率が増大

する減光作用を発揮する。

[0088] すなわち、補正ユニット 9 A では、第 1 基板 9 3 と第 2 基板 9 4 との光軸 A X 廻りの相対位置の変化および第 1 基板 9 3 への光の入射角度の変化に応じて、第 1 減光パターン (5 3 a, 5 3 b) および第 2 減光パターン (5 4 a, 5 4 b) による減光率が変化する。したがって、上述の第 1 実施形態の場合と同様に、図 1 6 の変形例にかかる補正ユニット 9 A の減光作用により、ウェハ W 上の静止露光領域 E R 内の各点に関する瞳強度分布をそれぞれ独立的に調整することができ、ひいては各点に関する瞳強度分布を互いにほぼ同じ性状の分布に調整することが可能である。

[0089] なお、図 1 6 の変形例では、基板 9 3 および 9 4 の双方を光軸 A X 廻りに回転させているが、これに限定されることなく、基板 9 3 および 9 4 のうちの少なくとも一方を光軸 A X 廻りに回転させることにより補正ユニットを構成することもできる。また、図 1 6 の変形例では、図 1 6 および図 1 7 に示す特定の形態にしたがって、光軸 A X に対して垂直に配置された平行平板の形態を有する一对の基板 9 3 および 9 4 により補正ユニット 9 A を構成している。しかしながら、これに限定されることなく、補正ユニット 9 A の具体的な構成については、様々な形態が可能である。

[0090] 例えば、補正ユニット 9 A を構成する基板の形態（外形形状など）、基板の姿勢、各減光パターンを形成する単位減光領域の数、単位減光領域の形状、単位減光領域の形成面の位置（入射面または射出面）、単位減光領域の分布の形態、補正ユニット 9 A の配置位置などについて、様々な形態が可能である。具体的に、図 1 6 の変形例では、光透過性の基板 9 3, 9 4 として、例えば少なくとも一方の面が曲率を有するような基板を用いることができる。

[0091] また、図 1 6 の変形例では、一对の基板 9 3 と 9 4 とが光軸 A X 廻りに相対的に回転可能に構成されている。しかしながら、これに限定されることなく、光軸 A X を横切る方向（典型的には光軸 A X と直交する X Y 平面に沿った任意の方向）に相対的に移動可能な一对の基板により、図 1 6 の変形例に

かかる補正ユニット 9 A と同様の作用を奏する補正ユニットを構成することもできる。この場合、第 1 基板と第 2 基板との光軸を横切る方向に沿った相対位置の変化に応じて、第 1 減光パターンと第 2 減光パターンとが光軸方向から見て重なり合う重複領域の大きさが変化するように構成されていることが重要である。

[0092] また、上述の第 1 実施形態およびその変形例では、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳に形成される瞳強度分布 20 の形成面よりも後側（マスク側）に、補正ユニット 9（9 A）を配置している。しかしながら、これに限定されることなく、瞳強度分布 20 の形成面の位置、またはその前側（光源側）に、補正ユニット 9（9 A）を配置することもできる。また、マイクロフライアイレンズ 8 よりも後側の別の照明瞳の位置またはその近傍、例えば結像光学系 12 の前側レンズ群 12 a と後側レンズ群 12 b との間の照明瞳の位置またはその近傍に、補正ユニット 9（9 A）を配置することもできる。

[0093] 一般的に、照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する本発明の第 1 形態にかかる補正ユニットは、照明瞳の前側に隣接するパワーを有する光学素子と当該照明瞳の後側に隣接するパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第 1 基板と、照明瞳空間において第 1 基板よりも後側に配置されて光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第 2 基板とを備えている。第 1 基板には第 1 減光パターンが形成され、第 2 基板には第 1 減光パターンに対応して第 2 減光パターンが形成され、第 1 減光パターンと第 2 減光パターンとの相対位置は変更可能である。すなわち、第 1 基板および第 2 基板のうちの少なくとも一方は、所定の方向に移動可能または所定軸線廻りに回転可能に構成されている。なお、「照明瞳空間」内には、パワーを持たない平行平板や平面鏡が存在していても良い。

[0094] また、上述の第 1 実施形態およびその変形例では、基板の減光パターンを形成する単位減光領域が、例えばクロムや酸化クロム等からなる遮光性ドツ

トにより、入射光を遮る遮光領域として形成されている。しかしながら、これに限定されることなく、単位減光領域については、遮光領域の形態以外の形態も可能である。例えば、複数の減光パターンのうちの少なくとも一方を、入射光を散乱させる散乱領域として、あるいは入射光を回折させる回折領域として形成することも可能である。一般に、光透過性の基板の所要領域に粗面化加工を施すことにより散乱領域が形成され、所要領域に回折面形成加工を施すことにより回折領域が形成される。

[0095] 図 2 1 は、本発明の第 2 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 1 において、感光性基板であるウェハ W の露光面（転写面）の法線方向に沿って Z 軸を、ウェハ W の露光面内において図 2 1 の紙面に平行な方向に Y 軸を、ウェハ W の露光面内において図 2 1 の紙面に垂直な方向に X 軸をそれぞれ設定している。第 2 実施形態は、第 1 実施形態と類似の構成を有するが、特に補正ユニット 1 9 の構成が第 1 実施形態と相違している。

[0096] さらに詳細には、第 1 実施形態ではアフォーカルレンズ 4 の瞳位置またはその近傍に濃度フィルター 5 および円錐アキシコン系 6 が配置されているが、第 2 実施形態では濃度フィルターが不要であるため設置されておらず、円錐アキシコン系は必要に応じて設置可能であるがその設置を省略している。図 2 1 では、図 1 の第 1 実施形態における要素と同様の機能を有する構成要素に、図 1 と同じ参照符号を付している。以下、第 1 実施形態との相違点に着目し、第 1 実施形態との重複する説明を省略して第 2 実施形態の構成および作用を説明する。

[0097] 第 2 実施形態の露光装置では、光源 1 から射出された光が、整形光学系 2 および輪帯照明用の回折光学素子 3 を介して、アフォーカルレンズ 4 に入射する。アフォーカルレンズ 4 を経た光は、所定面 I P およびズームレンズ 7 を介して、マイクロフライアイレンズ 8 に入射する。マイクロフライアイレンズ 8 に入射した光束は二次元的に分割され、その後側焦点面またはその近傍の照明瞳には、例えば光軸 A X を中心とした輪帯状の実質的な面光源から

なる二次光源（瞳強度分布）が形成される。マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍には、補正ユニット 19 が配置されている。補正ユニット 19 の構成および作用については後述する。

[0098] マイクロフライアイレンズ 8 および補正ユニット 19 を経た光は、コンデenser 光学系 10、マスクブラインド 11 および結像光学系 12 を介して、マスク M を重畳的に照明する。マスク M のパターン領域を透過した光は、投影光学系 PL を介して、ウェハ W 上にマスクパターンの像を形成する。こうして、ステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、X 方向（走査方向）に沿ってマスク M とウェハ W とを同期的に移動（走査）させることにより、ウェハ W のショット領域（露光領域）にマスクパターンが走査露光される。

[0099] 以下の説明では、第 2 実施形態の作用効果の理解を容易にするために、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳には、図 22 に示すような 4 極状の瞳強度分布（二次光源）30 が形成されるものとする。補正ユニット 19 は、4 極状の瞳強度分布 30 の形成面の直後に配置されているものとする。以下の説明において単に「照明瞳」という場合には、マイクロフライアイレンズ 8 の後側焦点面またはその近傍の照明瞳を指すものとする。

[0100] 図 22 を参照すると、照明瞳に形成される 4 極状の瞳強度分布 30 は、光軸 AX を挟んで X 方向に間隔を隔てた一対の円弧状の実質的な面光源 30a, 30b と、光軸 AX を挟んで Z 方向に間隔を隔てた一対の円弧状の実質的な面光源（以下、単に「面光源」という）30c, 30d とを有する。なお、照明瞳における X 方向はマイクロフライアイレンズ 8 の矩形状の微小レンズの短辺方向（すなわち単位波面分割面の短辺方向）であって、ウェハ W の走査方向に対応している。また、照明瞳における Z 方向は、マイクロフライアイレンズ 8 の矩形状の微小レンズの長辺方向（すなわち単位波面分割面の長辺方向）であって、ウェハ W の走査方向と直交する走査直交方向（ウェハ W 上における Y 方向）に対応している。

[0101] ウェハ W 上には、第 1 実施形態の説明において参照した図 3 に示すように

、Y方向に沿って長辺を有し且つX方向に沿って短辺を有する矩形状の静止露光領域E Rが形成され、この静止露光領域E Rに対応するように、マスクM上には矩形状の照明領域（不図示）が形成される。ここで、静止露光領域E R内の1点に入射する光が照明瞳に形成する4極状の瞳強度分布は、入射点の位置に依存することなく、互いにほぼ同じ形状を有する。しかしながら、4極状の瞳強度分布を構成する各面光源の光強度は、入射点の位置に依存して異なる場合がある。

[0102] 比較的単純な一例として、静止露光領域E R内の周辺の点P 2, P 3に入射する光が、図2 3, 図2 4に模式的に示す4極状の瞳強度分布を照明瞳にそれぞれ形成する場合について考える。すなわち、静止露光領域E R内の中心点P 1から+Y方向に間隔を隔てた周辺の点P 2に入射する光が形成する4極状の瞳強度分布3 2では、図2 3に示すように、面光源3 2 a, 3 2 bおよび3 2 dの光強度が互いにほぼ等しく、面光源3 2 cの光強度は他の面光源の光強度よりも大きいものとする。

[0103] また、静止露光領域E R内の中心点P 1から-Y方向に間隔を隔てた周辺の点P 3に入射する光が形成する4極状の瞳強度分布3 3では、図2 4に示すように、面光源3 3 a, 3 3 bおよび3 3 cの光強度が互いにほぼ等しく、面光源3 3 dの光強度は他の面光源の光強度よりも大きいものとする。このように、ウェハW上の各点に関する瞳強度分布において光軸AXを挟んでZ方向（走査直交方向（ウェハW上におけるY方向）に対応する方向）に間隔を隔てた一对の領域の光強度の差が大き過ぎると、ショット領域（図2 3および図2 4に示す例の場合には周辺点P 2, P 3に対応する周辺の位置）に焼き付けられるパターンが所望の位置から位置ずれする恐れがある。

[0104] 第2実施形態では、周辺点P 2, P 3に関する瞳強度分布3 2, 3 3において光軸AXを挟んでZ方向に間隔を隔てた一对の面光源3 2 cと3 2 dとの間および一对の面光源3 3 cと3 3 dとの間の光強度の差を調整するための調整手段として、補正ユニット1 9を備えている。補正ユニット1 9は、図2 5および図2 6に示すように、光軸AX（Y方向に対応）に沿って所定

の厚さを有する３つの光透過性の基板１９１、１９２および１９３を備えている。各基板１９１～１９３は、例えば石英または蛍石のような光学材料により形成された平行平板の形態を有する。

[0105] 第１基板１９１は、例えば光軸ＡＸを中心とする円形状の外形形状を有し、その入射面１９１ａが光軸ＡＸと直交するような姿勢で固定的に位置決めされている。第２基板１９２は、第１基板１９１の後側に配置されて、面光源３０ｃからの光が通過する領域に対応する外形形状、例えば扇形状の外形形状を有する。また、第２基板１９２は、その入射面１９２ａが光軸ＡＸと直交する姿勢を維持しつつ、Ｚ方向（単位波面分割面の長辺方向）に移動可能に構成されている。

[0106] 第３基板１９３は、第１基板１９１の後側に配置されて、面光源３０ｄからの光が通過する領域に対応する外形形状、例えば扇形状の外形形状を有する。また、第３基板１９３は、その入射面１９３ａが光軸ＡＸと直交する姿勢を維持しつつ、Ｚ方向に移動可能に構成されている。以下、説明を単純化するために、第２基板１９２と第３基板１９３とは光軸ＡＸを通るＸＹ平面に関して対称な構成を有し、第２基板１９２の入射面１９２ａと第３基板１９３の入射面１９３ａとは同一面上にあるものとする。補正ユニット１９では、駆動制御系１９４からの指令に基づき、第２基板１９２および第３基板１９３がそれぞれＺ方向に移動する。

[0107] 図２７を参照すると、基板１９１の射出面１９１ｂ、基板１９２の入射面１９２ａ、および基板１９３の入射面１９３ａには、互いに同じ外形形状および同じ大きさを有する遮光性ドット１５１、１５２および１５３が、所定の分布にしたがって形成されている。ここで、単位減光領域としての各遮光性ドット１５１～１５３は、例えばクロムや酸化クロム等からなる。また、遮光性ドット１５１は、遮光性ドット１５２および１５３に一対一対応するように分布形成されている。ここで、一群の遮光性ドット１５１は面光源３０ｃおよび３０ｄからの光に作用するように配置され、一群の遮光性ドット１５２は面光源３０ｃからの光に作用するように配置され、一群の遮光性

ドット 153 は面光源 30d からの光に作用するように配置されている。

[0108] 図 27 では、図面の明瞭化のために、基板 191 の射出面 191b に形成された一対の遮光性ドット 151、基板 192 の入射面 192a に形成された 1 つの遮光性ドット 152、基板 193 の入射面 193a に形成された 1 つの遮光性ドット 153 だけを示している。以下、説明の理解を容易にするために、各遮光性ドット 151 ~ 153 は円形状の外形状を有し、第 2 基板 192 の基準状態（基準位置）では遮光性ドット 151 と 152 とが光軸 AX 方向に見て互いに重なり合い、第 3 基板 193 の基準状態では遮光性ドット 151 と 153 とが光軸 AX 方向に見て互いに重なり合うものとする。また、説明の理解を容易にするために、基板 191 の一対の遮光性ドット 151、基板 192 の 1 つの遮光性ドット 152、および基板 193 の 1 つの遮光性ドット 153 だけに着目して、補正ユニット 19 の作用を説明する。

[0109] 第 2 基板 192 の基準状態において、円形状の遮光性ドット 151 と 152 との組み合わせからなる組み合わせ減光領域に対して光軸 AX に平行な光が入射すると、補正ユニット 19 の直後であって射出面 192b に平行な面において、図 28 (a) に示すように、円形状の遮光性ドット 151 により減光された領域 151a と、円形状の遮光性ドット 152 により減光された領域 152a とは互いに重なり合う。すなわち、補正ユニット 19 の直後において、円形状の減光領域 151a と 152a とは、円形状の減光領域 151a の 1 個分の面積を有する減光領域を形成する。

[0110] 第 2 基板 192 の基準状態において、円形状の遮光性ドット 151 と 152 とからなる組み合わせ減光領域に入射する光の光軸 AX に対する角度が例えば YZ 平面に沿って 0 度から単調に増大すると、補正ユニット 19 の直後において、図 28 (b) に示すように、減光領域 151a および 152a が互いに異なる距離だけ Z 方向に移動し、減光領域 151a と 152a との重なり合う領域が単調に減少する。その結果、図 28 (b) に示す状態では、円形状の減光領域 151a と 152a とが、その重なり合う領域の面積に応じて、円形状の減光領域 151a の 1 個分の面積よりも大きく且つ 2 個分の

面積よりも小さい面積を有する減光領域を形成する。

[0111] こうして、第2基板192の基準状態において、円形状の遮光性ドット151と152とからなる組み合わせ減光領域は、第1基板191に対する光の入射角度が大きくなるにつれて減光率が増大する減光作用を発揮する。同様に、第3基板193の基準状態において、円形状の遮光性ドット151と153とからなる組み合わせ減光領域は、第1基板191に対する光の入射角度が大きくなるにつれて減光率が増大する減光作用を発揮する。

[0112] 次に、第1基板191に対する光の入射角度が一定であるとき、例えば光の入射角度が0度であるとき（入射する光の光軸AXに対する角度が0度であるとき）に、第2基板192が基準状態からZ方向に移動する場合について考える。上述したように、第2基板192が基準状態にある場合、補正ユニット19の直後において、円形状の遮光性ドット151により減光された領域151aと、円形状の遮光性ドット152により減光された領域152aとは互いに重なり合う。すなわち、図28（a）に示すように、補正ユニット19の直後において、円形状の減光領域151aと152aとは、円形状の減光領域151aの1個分の面積を有する減光領域を形成する。

[0113] 一方、第2基板192が基準状態からZ方向に単調に移動すると、補正ユニット19の直後において、減光領域152aがZ方向に移動して減光領域151aと重なり合う領域が単調に減少する。すなわち、図28（b）に示すように、補正ユニット19の直後において、円形状の減光領域151aと152aとが、その重なり合う領域の面積に応じて、円形状の減光領域151aの1個分の面積よりも大きく且つ2個分の面積よりも小さい面積を有する減光領域を形成する。

[0114] こうして、第1基板191に対する光の入射角度が0度であるとき、一般的には光の入射角度が一定であるとき、円形状の遮光性ドット151と152とからなる組み合わせ減光領域は、第2基板192の基準状態からのZ方向に沿った移動量が大きくなるにつれて減光率が増大する減光作用を発揮する。同様に、第1基板191に対する光の入射角度が一定であるとき、円形

状の遮光性ドット 151 と 153 とからなる組み合わせ減光領域は、第 3 基板 193 の基準状態からの Z 方向に沿った移動量が大きくなるにつれて減光率が増大する減光作用を発揮する。

[0115] 第 2 実施形態では、第 1 基板 191 と第 2 基板 192 とは、単位減光領域である円形状の遮光性ドット 151 と 152 とが光軸 AX 方向から見て互いに重なり合う基準状態を中心として、遮光性ドット 151 の一部と遮光性ドット 152 の一部とが光軸 AX 方向から見て重なり合う範囲内で相対移動可能に構成されている。同様に、第 1 基板 191 と第 3 基板 193 とは、単位減光領域である円形状の遮光性ドット 151 と 153 とが光軸 AX 方向から見て互いに重なり合う基準状態を中心として、遮光性ドット 151 の一部と遮光性ドット 153 の一部とが光軸 AX 方向から見て重なり合う範囲内で相対移動可能に構成されている。

[0116] なお、図 25 に示すように、補正ユニット 19 は、4 極状の瞳強度分布 30 のうち、光軸 AX を挟んで Z 方向に間隔を隔てた一対の面光源 30c および 30d からの光に作用する。しかしながら、補正ユニット 19 は、光軸 AX を挟んで X 方向に間隔を隔てた一対の面光源 30a および 30b からの光には作用しない。

[0117] また、図 29 に示すように、ウェハ W 上の静止露光領域 ER 内の中心点 P1 に達する光、すなわちマスクブラインド 11 の開口部の中心点 P1' に達する光は、補正ユニット 19 に対して（すなわち第 1 基板 191 に対して）入射角度 0 で入射する。換言すれば、中心点 P1 に関する瞳強度分布 31 の面光源 31c からの光は入射角度 0 で第 1 基板 191 および第 2 基板 192 に入射し、面光源 31d からの光は入射角度 0 で第 1 基板 191 および第 3 基板 193 に入射する。なお、瞳強度分布 31 の図示を省略しているが、各面光源 31a ~ 31d は、瞳強度分布 32（33）の各面光源 32a ~ 32d（33a ~ 33d）と同様に形成される。

[0118] 一方、図 30 に示すように、ウェハ W 上の静止露光領域 ER 内の周辺点 P2、P3 に達する光、すなわちマスクブラインド 11 の開口部の周辺点 P2

’， $P3'$ に達する光は、補正ユニット19に対して比較的大きい入射角度 $\pm\theta$ で入射する。換言すれば、周辺点 $P2$ ， $P3$ に関する瞳強度分布32，33の面光源32c，33cからの光は、比較的大きい入射角度 $\pm\theta$ で第1基板191および第2基板192に入射する。面光源32d，33dからの光は、比較的大きい入射角度 $\pm\theta$ で第1基板191および第3基板193にそれぞれ入射する。

[0119] なお、図29および図30において、面光源30c（31c～33c）のZ方向に沿った最外縁の点（図22などを参照）を参照符号B3で示し、面光源30d（31d～33d）のZ方向に沿った最外縁の点（図22などを参照）を参照符号B4で示している。また、図29および図30に関連する説明の理解を容易するために、参照符号B1は面光源30a（31a～33a）のX方向に沿った最外縁の点を示し、参照符号B2は面光源30b（31b～33b）のX方向に沿った最外縁の点を示している。ただし、上述したように、面光源30a（31a～33a）および面光源30b（31b～33b）からの光は、補正ユニット19の作用を受けない。

[0120] 図31、図33および図34は、第1基板に対する第2基板および第3基板の相対位置と補正ユニットの減光作用との関係を説明する図である。図31では、第2基板192が基準状態にあり、第1基板191の遮光性ドット151と第2基板192の遮光性ドット152とが光軸AX方向から見て互いに重なり合っている。一方、第3基板193は基準状態から+Z方向に所定距離だけ移動した状態にあり、第1基板191の遮光性ドット151の一部と第2基板192の遮光性ドット152の一部とが光軸AX方向から見て重なり合っている。

[0121] ウェハW上の静止露光領域ER内の中心点 $P1$ に達する光、すなわちマスクブラインド11の開口部の中心点 $P1'$ に達する光は、第1基板191に対して入射角度0で入射する。したがって、面光源30cから第1基板191および第2基板192を経て中心点 $P1'$ に達する光の場合、遮光性ドット151と152との組み合わせ減光領域により遮られる光の量は最も小さ

い。面光源 30d から第 1 基板 191 および第 3 基板 193 を経て中心点 P_1' に達する光の場合、遮光性ドット 151 と 153 との組み合わせ減光領域により遮られる光の量は比較的大きい。

[0122] ウェハ W 上の静止露光領域 ER 内の周辺点 P_2 , P_3 に達する光、すなわちマスクブラインド 11 の開口部の周辺点 P_2' , P_3' に達する光は、第 1 基板 191 に対して比較的大きな入射角度 θ で入射する。以下、説明を単純化するために、静止露光領域 ER 内の周辺点 P_2 に対応する周辺点 P_2' はマスクブラインド 11 の開口部の +Z 方向側に位置し、静止露光領域 ER 内の周辺点 P_3 に対応する周辺点 P_3' は -Z 方向側に位置するものとする。

[0123] したがって、面光源 30c から第 1 基板 191 および第 2 基板 192 を経て周辺点 P_2' , P_3' に達する光の場合、遮光性ドット 151 と 152 との組み合わせ減光領域により遮られる光の量は比較的大きい。面光源 30d から第 1 基板 191 および第 3 基板 193 を経て周辺点 P_2' に達する光の場合、遮光性ドット 151 と 153 との組み合わせ減光領域により遮られる光の量は比較的小さい。面光源 30d から第 1 基板 191 および第 3 基板 193 を経て周辺点 P_3' に達する光の場合、遮光性ドット 151 と 153 との組み合わせ減光領域により遮られる光の量は最も大きい。

[0124] すなわち、図 32 の中央に示すように、中心点 P_1 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、+Z 方向側の面光源 31c に対する補正ユニット 19 による減光作用は最も小さく、-Z 方向側の面光源 31d に対する補正ユニット 19 による減光作用は比較的大きい。このように、図 32、並びに関連する図 33 および図 34 の該当部分では、補正ユニット 19 の減光作用の大小を、X 方向に細長く延びるハッチング領域の Z 方向の幅寸法により模式的に表している。

[0125] また、図 32 の左側に示すように、周辺点 P_2 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、面光源 32c に対する補正ユニット 19 による減光作用は比較的大きく、面光源 32d に対する補正ユニット 19 による減光作用は比較的小

さい。また、図 3 2 の右側に示すように、周辺点 P 3 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、面光源 3 3 c に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は比較的大きく、面光源 3 3 d に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は最も大きい。

[0126] また、図 3 3 に示すように、第 2 基板 1 9 2 が基準状態から $-Z$ 方向に所定距離だけ移動し且つ第 3 基板 1 9 3 が基準状態から $+Z$ 方向に所定距離だけ移動した状態では、中心点 P 1 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、面光源 3 1 c に対する補正ユニット 1 9 による減光作用および面光源 3 1 d に対する補正ユニット 1 9 による減光作用はともに比較的大きい。周辺点 P 2 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、面光源 3 2 c に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は最も大きく、面光源 3 2 d に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は比較的小さい。周辺点 P 3 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、面光源 3 3 c に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は比較的小さく、面光源 3 3 d に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は最も大きい。

[0127] また、図 3 4 に示すように、第 2 基板 1 9 2 が基準状態から $+Z$ 方向に所定距離だけ移動し且つ第 3 基板 1 9 3 が基準状態から $-Z$ 方向に所定距離だけ移動した状態では、中心点 P 1 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、面光源 3 1 c に対する補正ユニット 1 9 による減光作用および面光源 3 1 d に対する補正ユニット 1 9 による減光作用はともに比較的大きい。周辺点 P 2 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、面光源 3 2 c に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は比較的小さく、面光源 3 2 d に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は最も大きい。周辺点 P 3 に関する 4 極状の瞳強度分布のうち、面光源 3 3 c に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は最も大きく、面光源 3 3 d に対する補正ユニット 1 9 による減光作用は比較的小さい。

[0128] こうして、例えば第 2 基板 1 9 2 を Z 方向に沿った所要の位置に設定し、且つ第 3 基板 1 9 3 を Z 方向に沿った所要の位置に設定することにより、光軸 A X を挟んで Z 方向に間隔を隔てた一対の面光源 3 2 c と 3 2 d との間および一対の面光源 3 3 c と 3 3 d との間に存在する図 2 3 および図 2 4 に示

すような光強度差を調整することができる。

[0129] 具体的に、補正ユニット 19 の第 2 基板 192 が基準状態から $-Z$ 方向に沿って所要距離だけ移動した位置にあり且つ第 3 基板 193 が基準状態から $+Z$ 方向に沿って所要距離だけ移動した位置にある場合、図 35 に示すように、周辺点 P2 に関する瞳強度分布 32 のうち、面光源 32a および 32b からの光は、補正ユニット 19 の減光作用を受けないため、その光強度は変化しない。面光源 32c からの光は、補正ユニット 19 の減光作用を受けて、その光強度は比較的大きく低下する。面光源 32d からの光は、補正ユニット 19 の減光作用を受けても、その光強度の低下は比較的小さい。その結果、補正ユニット 19 により調整された周辺点 P2 に関する瞳強度分布 32' において、 Z 方向に間隔を隔てた面光源 32c' の光強度と面光源 32d' の光強度とはほぼ等しくなる。あるいは、面光源 32c' の光強度と面光源 32d' の光強度との差が、所要の光強度差に調整される。

[0130] また、図 36 に示すように、周辺点 P3 に関する瞳強度分布 33 のうち、面光源 33a および 33b からの光は、補正ユニット 19 の減光作用を受けないため、その光強度は変化しない。面光源 33c からの光は、補正ユニット 19 の減光作用を受けても、その光強度の低下は比較的小さい。面光源 33d からの光は、補正ユニット 19 の減光作用を受けて、その光強度は比較的大きく低下する。その結果、補正ユニット 19 により調整された周辺点 P3 に関する瞳強度分布 33' において、 Z 方向に間隔を隔てた面光源 33c' の光強度と面光源 33d' の光強度とはほぼ等しくなる。あるいは、面光源 33c' の光強度と面光源 33d' の光強度との差が、所要の光強度差に調整される。

[0131] なお、面光源 32c' の光強度と面光源 32d' の光強度との差および面光源 33c' の光強度と面光源 33d' の光強度との差を所要の光強度差に調整する動作は、例えば投影光学系 PL を介した光に基づいて投影光学系 PL の瞳面における瞳強度分布を計測する瞳強度分布計測装置（不図示）の計測結果に基づいて行われる。具体的に、瞳強度分布計測装置の計測結果は、

制御部（不図示）に供給される。制御部は、瞳強度分布計測装置の計測結果に基づいて、投影光学系PLの瞳面における瞳強度分布が所望の分布になるように、補正ユニット19の駆動制御系194に指令を出力する。駆動制御系194は、制御部からの指令に基づいて第2基板192および第3基板193のZ方向位置を制御し、面光源32c'の光強度と面光源32d'の光強度との差および面光源33c'の光強度と面光源33d'の光強度との差を所要の光強度差に調整する。

[0132] 以上のように、第2実施形態の補正ユニット19では、射出面に遮光ドット151が形成された第1基板191に対して、入射面に遮光ドット152および153が形成された第2基板192および第3基板193が、単位波面分割面の長辺方向であるZ方向に沿ってそれぞれ相対移動可能に構成されている。したがって、補正ユニット19は、図32～図34を参照して明らかのように、静止露光領域ER内のY方向（照明瞳におけるZ方向に対応）に沿って減光率が様々な態様にしたがって変化する多様な減光率特性を実現する。なお、上述の説明では、基板191の一对の遮光性ドット151、基板192の1つの遮光性ドット152、および基板193の1つの遮光性ドット153だけに着目しているが、これらの遮光性ドット151～153がそれぞれ分布形成されている場合にも、補正ユニット19が上述の作用と同様の作用を奏することは明らかである。

[0133] したがって、第2実施形態の照明光学系（2～12）では、補正ユニット19の多様な減光作用により、静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布において光軸AXを挟んでY方向に間隔を隔てた一对の領域の間（図23および図24の例では一对の面光源32cと32dとの間および一对の面光源33cと33dとの間）の光強度の差を調整することができる。また、第2実施形態の露光装置（2～WS）では、ウェハW上の静止露光領域ER内の各点に関する瞳強度分布において光軸AXを挟んでY方向に間隔を隔てた一对の領域の光強度差を調整する照明光学系（2～12）を用いて、マスクMの微細パターンに応じた適切な照明条件のもとで良好な露光を行うことが

でき、ひいてはマスクMの微細パターンを露光領域の全体に亘って所望の位置に所望の線幅でウェハW上に忠実に転写することができる。

[0134] 第2実施形態において、ウェハ（被照射面）W上の光量分布が、例えば補正ユニット19の減光作用（調整作用）の影響を受けることが考えられる。この場合、必要に応じて、公知の構成を有する光量分布調整部の作用により、静止露光領域ER内の照度分布または静止露光領域（照明領域）ERの形状を変更することができる。

[0135] なお、上述の第2実施形態では、図25～図27に示す特定の形態にしたがって、光軸AXに対して垂直に配置された平行平板の形態を有する3つの基板191～193により補正ユニット19を構成している。そして、第1基板191の射出面には、第1減光パターンとしての円形状の遮光性ドット151が分布形成されている。また、第2基板192の入射面および第3基板193の入射面には、第2減光パターンとしての円形状の遮光性ドット152および第3減光パターンとしての円形状の遮光性ドット153が分布形成されている。しかしながら、これに限定されることなく、補正ユニット19の具体的な構成については、様々な形態が可能である。

[0136] 例えば、補正ユニット19を構成する基板の数、基板の形態（外形形状など）、基板の姿勢、基板同士の相対移動の方向、各減光パターンを形成する単位減光領域の数、単位減光領域の形状、単位減光領域の形成面の位置（入射面または射出面）、単位減光領域の分布の形態、補正ユニット19の配置位置などについて、様々な形態が可能である。具体的には、第2基板192と第3基板193とを一体化したり、第1基板191をZ方向に沿って移動可能に構成したり、第2基板192および第3基板193のいずれか一方の設置を省略したりしても、上述の第2実施形態と同様の効果を発揮することができる。また、光透過性の基板として、例えば少なくとも一方の面が曲率を有するような基板を用いることもできる。

[0137] また、上述の第2実施形態では、マイクロフライアイレンズ8の後側焦点面またはその近傍の照明瞳に形成される瞳強度分布30の形成面よりも後側

(マスク側)に、補正ユニット19を配置している。しかしながら、これに限定されることなく、瞳強度分布30の形成面の位置、またはその前側(光源側)に、補正ユニット19を配置することもできる。また、マイクロフライアイレンズ8よりも後側の別の照明瞳の位置またはその近傍、例えば結像光学系12の前側レンズ群12aと後側レンズ群12bとの間の照明瞳の位置またはその近傍に、補正ユニット19を配置することもできる。

[0138] 一般的に、照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する本発明の第3形態にかかる補正ユニットは、照明瞳の前側に隣接するパワーを有する光学素子と当該照明瞳の後側に隣接するパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第1基板と、照明瞳空間において第1基板よりも後側に配置されて光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第2基板とを備えている。第1基板には少なくとも1つの第1単位減光領域を有する第1減光パターンが形成され、第2基板には第1単位減光領域に対応して形成された少なくとも1つの第2単位減光領域を有する第2減光パターンが形成されている。そして、第1基板と第2基板とは、光軸を横切る第1方向に沿って相対移動可能に構成されている。なお、「照明瞳空間」内には、パワーを持たない平行平板や平面鏡が存在していても良い。

[0139] また、上述の第2実施形態では、基板の減光パターンを形成する単位減光領域が、例えばクロムや酸化クロム等からなる遮光性ドットにより、入射光を遮る遮光領域として形成されている。しかしながら、これに限定されることなく、単位減光領域については、遮光領域の形態以外の形態も可能である。例えば、複数の減光パターンのうちの少なくとも一方を、入射光を散乱させる散乱領域として、あるいは入射光を回折させる回折領域として形成することも可能である。一般に、光透過性の基板の所要領域に粗面化加工を施すことにより散乱領域が形成され、所要領域に回折面形成加工を施すことにより回折領域が形成される。

[0140] また、上述の第2実施形態では、第1基板191に対して第2基板192

および第3基板193がそれぞれ相対移動可能に構成されている。しかしながら、これに限定されることなく、すべての基板191～193をそれぞれ固定的に設置してもよい。この場合、第1基板191の第1単位減光領域（遮光性ドット151に対応）の一部と第2基板192の第2単位減光領域（遮光性ドット152に対応）の一部とが光軸AX方向から見て重なり合い、且つ第1基板191の第1単位減光領域の一部と第3基板193の第3単位減光領域（遮光性ドット153に対応）の一部とが光軸AX方向から見て重なり合う状態で、各基板191～193が固定的に位置決めされていることが重要である。

[0141] 具体的に、上述の第2実施形態に対応する構成では、第1単位減光領域と第2単位減光領域とがZ方向に位置ずれし且つ第1単位減光領域と第3単位減光領域とがZ方向に位置ずれした状態で、各基板191～193が固定的に位置決めされる。各基板を固定的に位置決めする構成においても、第2基板192と第3基板193とを一体化したり、第2基板192および第3基板193のいずれか一方の設置を省略したりすることができる。

[0142] つまり、一般的には、各基板を固定的に位置決めする構成にしたがう本発明の第2形態にかかる補正ユニットは、照明瞳空間において光軸に垂直な第1面に形成された第1減光パターンと、照明瞳空間において第1面よりも後側に位置決めされて第1面と平行な第2面に形成された第2減光パターンとを備えている。第1減光パターンは少なくとも1つの第1単位減光領域を有し、第2減光パターンは第1単位減光領域に対応して形成された少なくとも1つの第2単位減光領域を有する。そして、第1単位減光領域の一部と第2単位減光領域の一部とが光軸方向から見て重なり合っている。

[0143] また、第1実施形態および第2実施形態を参照すると、本発明の第4形態にかかる補正ユニットは、照明瞳空間に配置されて光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第1基板と、照明瞳空間において第1基板よりも後側に配置されて光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第2基板とを備え、第1基板は光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の

面に形成された第1減光パターンを有し、第2基板は光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第2減光パターンを有する。第1減光パターンは少なくとも1つの第1単位減光領域を有し、第2減光パターンは、少なくとも1つの第1単位減光領域に対応して形成された少なくとも1つの第2単位減光領域を有する。そして、第1単位減光領域と第2単位減光領域とは、第1単位減光領域に第1の入射角で入射する光に対して第1の減光率を与え、且つ第1単位減光領域に第1の入射角とは異なる第2の入射角で入射する光に対して第1の減光率とは異なる第2の減光率を与え、第1基板と第2基板との位置関係は変更可能である。

[0144] なお、上述の説明では、照明瞳に4極状の瞳強度分布が形成される変形照明、すなわち4極照明を例にとって、本発明の作用効果を説明している。しかしながら、4極照明に限定されることなく、例えば輪帯状の瞳強度分布が形成される輪帯照明、4極状以外の他の複数極状の瞳強度分布が形成される複数極照明などに対しても、同様に本発明を適用して同様の作用効果を得ることができることは明らかである。

[0145] 上述の実施形態では、マスクの代わりに、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。このような可変パターン形成装置を用いれば、パターン面が縦置きでも同期精度に及ぼす影響を最低限にできる。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DMD（デジタル・マイクロミラー・デバイス）を用いることができる。DMDを用いた露光装置は、例えば特開2004-304135号公報、国際特許公開第2006/080285号パンフレットおよびこれに対応する米国特許公開第2007/0296936号公報に開示されている。また、DMD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。なお、パターン面が横置きの場合であっても可変パターン形成装置を用いても良い。ここでは、米国特許公開第2007/0296936号公報の教示を参照として援用する。

[0146] また、上述の実施形態では、オプティカルインテグレータとして、マイクロフライアイレンズ 8 を用いているが、その代わりに、内面反射型のオプティカルインテグレータ（典型的にはロッド型インテグレータ）を用いても良い。この場合、ズームレンズ 7 の後側にその前側焦点位置がズームレンズ 7 の後側焦点位置と一致するように集光レンズを配置し、この集光レンズの後側焦点位置またはその近傍に入射端が位置決めされるようにロッド型インテグレータを配置する。このとき、ロッド型インテグレータの射出端が照明視野絞り 11 の位置になる。ロッド型インテグレータを用いる場合、このロッド型インテグレータの下流の視野絞り結像光学系 12 内の、投影光学系 PL の開口絞り AS の位置と光学的に共役な位置を照明瞳面と呼ぶことができる。また、ロッド型インテグレータの入射面の位置には、照明瞳面の二次光源の虚像が形成されることになるため、この位置およびこの位置と光学的に共役な位置も照明瞳面と呼ぶことができる。ここで、ズームレンズ 7、上記の集光レンズおよびロッド型インテグレータを分布形成光学系とみなすことができる。

[0147] また、上述の実施形態において、回折光学素子 3 に代えて、或いは加えて、たとえばアレイ状に配列され且つ傾斜角および傾斜方向が個別に駆動制御される多数の微小な要素ミラーにより構成されて入射光束を反射面毎の微小単位に分割して偏向させることにより、光束の断面を所望の形状または所望の大きさに変換する空間光変調素子を用いても良い。このような空間光変調素子を用いた照明光学系は、例えば特開 2002-353105 号公報に開示されている。

[0148] 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気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うことが望ましい。

[0149] 次に、上述の実施形態にかかる露光装置を用いたデバイス製造方法について説明する。図37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37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）。

[0150] 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、感光性基板つまりプレートPとしてパターンの転写を行う。

[0151] 図38は、液晶表示素子等の液晶デバイスの製造工程を示すフローチャー

トである。図38に示すように、液晶デバイスの製造工程では、パターン形成工程（ステップS50）、カラーフィルター形成工程（ステップS52）、セル組立工程（ステップS54）およびモジュール組立工程（ステップS56）を順次行う。

[0152] ステップS50のパターン形成工程では、プレートPとしてフォトレジストが塗布されたガラス基板上に、上述の実施形態の露光装置を用いて回路パターンおよび電極パターン等の所定のパターンを形成する。このパターン形成工程には、上述の実施形態の露光装置を用いてフォトレジスト層にパターンを転写する露光工程と、パターンが転写されたプレートPの現像、つまりガラス基板上のフォトレジスト層の現像を行い、パターンに対応する形状のフォトレジスト層を生成する現像工程と、この現像されたフォトレジスト層を介してガラス基板の表面を加工する加工工程とが含まれている。

[0153] ステップS52のカラーフィルター形成工程では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応する3つのドットの組をマトリックス状に多数配列するか、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を水平走査方向に複数配列したカラーフィルターを形成する。

[0154] ステップS54のセル組立工程では、ステップS50によって所定パターンが形成されたガラス基板と、ステップS52によって形成されたカラーフィルターとを用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。具体的には、例えばガラス基板とカラーフィルターとの間に液晶を注入することで液晶パネルを形成する。ステップS56のモジュール組立工程では、ステップS54によって組み立てられた液晶パネルに対し、この液晶パネルの表示動作を行わせる電気回路およびバックライト等の各種部品を取り付ける。

[0155] また、本発明は、半導体デバイス製造用の露光装置への適用に限定されることなく、例えば、角型のガラスプレートに形成される液晶表示素子、若しくはプラズマディスプレイ等のディスプレイ装置用の露光装置や、撮像素子（CCD等）、マイクロマシーン、薄膜磁気ヘッド、及びDNAチップ等の各種デバイスを製造するための露光装置にも広く適用できる。更に、本発明

は、各種デバイスのマスクパターンが形成されたマスク（フォトマスク、レチクル等）をフォトリソグラフィ工程を用いて製造する際の、露光工程（露光装置）にも適用することができる。

[0156] なお、上述の実施形態では、露光光としてA r Fエキシマレーザ光（波長：193 nm）やK r Fエキシマレーザ光（波長：248 nm）を用いているが、これに限定されることなく、他の適当なレーザ光源、たとえば波長157 nmのレーザ光を供給するF₂レーザ光源などに対して本発明を適用することもできる。

[0157] また、上述の実施形態において、投影光学系と感光性基板との間の光路中を1.1よりも大きな屈折率を有する媒体（典型的には液体）で満たす手法、所謂液浸法を適用しても良い。この場合、投影光学系と感光性基板との間の光路中に液体を満たす手法としては、国際公開第WO 99/49504号パンフレットに開示されているような局所的に液体を満たす手法や、特開平6-124873号公報に開示されているような露光対象の基板を保持したステージを液槽の中で移動させる手法や、特開平10-303114号公報に開示されているようなステージ上に所定深さの液体槽を形成し、その中に基板を保持する手法などを採用することができる。ここでは、国際公開第WO 99/49504号パンフレット、特開平6-124873号公報および特開平10-303114号公報の教示を参照として援用する。

[0158] また、上述の実施形態において、米国公開公報第2006/0170901号及び第2007/0146676号に開示されるいわゆる偏光照明方法を適用することも可能である。ここでは、米国特許公開第2006/0170901号公報及び米国特許公開第2007/0146676号公報の教示を参照として援用する。

[0159] また、上述の実施形態では、ウェハWのショット領域にマスクMのパターンを走査露光するステップ・アンド・スキャン方式の露光装置に対して本発明を適用している。しかしながら、これに限定されることなく、ウェハWの各露光領域にマスクMのパターンを一括露光する動作を繰り返すステップ・

アンド・リピート方式の露光装置に対して本発明を適用することもできる。

[0160] また、上述の実施形態では、露光装置においてマスク（またはウェハ）を照明する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、マスク（またはウェハ）以外の被照射面を照明する一般的な照明光学系に対して本発明を適用することもできる。

符号の説明

- [0161] 1 光源
- 3 回折光学素子
- 4 アフォーカルレンズ
- 5 濃度フィルター
- 6 円錐アキシコン系
- 7 ズームレンズ
- 8 マイクロフライアイレンズ（オプティカルインテグレータ）
- 9, 19 補正ユニット
- 91, 92, 191, 192, 193 基板
- 10 コンデンサー光学系
- 11 マスクブラインド
- 12 結像光学系
- M マスク
- MS マスクステージ
- PL 投影光学系
- AS 開口絞り
- W ウェハ
- WS ウェハステージ

請求の範囲

- [請求項1] 照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニットであって、
- 前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて、前記照明光学系の光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第1基板と、
- 前記照明瞳空間において前記第1基板よりも後側に配置されて前記光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第2基板とを備え、
- 前記第1基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第1減光パターンを有し、
- 前記第2基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に前記第1減光パターンに対応して形成された第2減光パターンを有し、
- 前記第1減光パターンと前記第2減光パターンとの相対位置は変更可能であって、
- 前記第1基板と前記第2基板との相対位置の変化および前記第1基板への光の入射角度の変化に応じて前記第1減光パターンおよび前記第2減光パターンによる減光率が変化するように構成されていることを特徴とする補正ユニット。
- [請求項2] 前記第1基板および前記第2基板のうちの少なくとも一方は、所定の方向に移動可能または所定軸線廻りに回転可能に構成されていることを特徴とする請求項1に記載の補正ユニット。
- [請求項3] 前記第1基板および前記第2基板のうちの少なくとも一方は前記光軸方向に移動可能に構成され、前記第1減光パターンおよび前記第2減光パターンは前記光軸方向から見て互いに重なり合うように構成されていることを特徴とする請求項2に記載の補正ユニット。
- [請求項4] 前記第1減光パターンは少なくとも1つの第1単位減光領域を有し、

前記第 2 減光パターンは、前記少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域に対応して形成されて前記第 1 単位減光領域と同じ外形形状および同じ大きさの少なくとも 1 つの第 2 単位減光領域を有することを特徴とする請求項 3 に記載の補正ユニット。

[請求項 5] 前記第 1 基板および前記第 2 基板のうちの少なくとも一方は前記光軸廻りに回転可能に構成され、前記第 1 基板と前記第 2 基板との前記光軸廻りの相対位置の変化に応じて、前記第 1 減光パターンと前記第 2 減光パターンとが前記光軸方向から見て重なり合う重複領域の大きさが変化するように構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の補正ユニット。

[請求項 6] 前記第 1 減光パターンは、前記第 1 基板と前記光軸との交点を中心とした円の周方向に沿って配列された複数の第 1 単位減光領域を有することを特徴とする請求項 5 に記載の補正ユニット。

[請求項 7] 前記複数の第 1 単位減光領域は、前記円の周方向に沿って等角度配列されていることを特徴とする請求項 6 に記載の補正ユニット。

[請求項 8] 前記第 1 単位減光領域は、前記円の中心から間隔を隔てて放射状に延びる線状領域を有することを特徴とする請求項 7 に記載の補正ユニット。

[請求項 9] 前記第 1 基板および前記第 2 基板のうちの少なくとも一方は前記光軸を横切る方向に移動可能に構成され、前記第 1 基板と前記第 2 基板との前記光軸を横切る方向に沿った相対位置の変化に応じて、前記第 1 減光パターンと前記第 2 減光パターンとが前記光軸方向から見て重なり合う重複領域の大きさが変化するように構成されていることを特徴とする請求項 2 に記載の補正ユニット。

[請求項 10] 前記第 1 基板および前記第 2 基板は、平行平板の形態を有することを特徴とする請求項 1 乃至 9 のいずれか 1 項に記載の補正ユニット。

[請求項 11] 前記第 1 基板と前記第 2 基板とは互いに平行な状態を維持することを特徴とする請求項 10 に記載の補正ユニット。

[請求項12] 前記第1減光パターンは前記第1基板の前記射出側の面に形成され、前記第2減光パターンは前記第2基板の前記入射側の面に形成されていることを特徴とする請求項1乃至11のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項13] 前記第1減光パターンは分布形成された複数の第1単位減光領域を有し、

前記第2減光パターンは、前記複数の第1単位減光領域に対応して分布形成された複数の第2単位減光領域を有することを特徴とする請求項1乃至12のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項14] 前記第1減光パターンおよび前記第2減光パターンのうちの少なくとも一方は、入射光を遮る遮光領域を有することを特徴とする請求項1乃至13のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項15] 前記第1減光パターンおよび前記第2減光パターンのうちの少なくとも一方は、入射光を散乱させる散乱領域を有することを特徴とする請求項1乃至14のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項16] 前記第1減光パターンおよび前記第2減光パターンのうちの少なくとも一方は、入射光を回折させる回折領域を有することを特徴とする請求項1乃至15のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項17] 照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニットであって、

前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間において前記照明光学系の光軸に垂直な第1面に形成された第1減光パターンと、

前記照明瞳空間において前記第1面よりも後側に位置決めされて前記第1面と平行な第2面に形成された第2減光パターンとを備え、

前記第1減光パターンは少なくとも1つの第1単位減光領域を有し、

前記第2減光パターンは、前記少なくとも1つの第1単位減光領域に対応して形成された少なくとも1つの第2単位減光領域を有し、

前記第1単位減光領域の一部と前記第2単位減光領域の一部とが前記光軸方向から見て重なり合っていることを特徴とする補正ユニット。

[請求項18] 前記第1単位減光領域と前記第2単位減光領域とは互いに同じ外形形状および同じ大きさを有し、前記第1単位減光領域と前記第2単位減光領域とは前記光軸を横切る第1方向に沿って位置ずれていることを特徴とする請求項17に記載の補正ユニット。

[請求項19] 前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて、前記照明光学系の光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第1基板と、

前記照明瞳空間において前記第1基板よりも後側に配置されて前記光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第2基板とを備え、

前記第1減光パターンは、前記第1基板の光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成され、

前記第2減光パターンは、前記第2基板の光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成されていることを特徴とする請求項17または18に記載の補正ユニット。

[請求項20] 照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニットであって、

前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて、前記照明光学系の光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第1基板と、

前記照明瞳空間において前記第1基板よりも後側に配置されて前記光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第2基板とを備え、

前記第 1 基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第 1 減光パターンを有し、

前記第 2 基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第 2 減光パターンを有し、

前記第 1 減光パターンは少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域を有し、

前記第 2 減光パターンは、前記少なくとも 1 つの第 1 単位減光領域に対応して形成された少なくとも 1 つの第 2 単位減光領域を有し、

前記第 1 基板と前記第 2 基板とは、前記光軸を横切る第 1 方向に沿って相対移動可能に構成されていることを特徴とする補正ユニット。

[請求項21] 前記第 1 単位減光領域と前記第 2 単位減光領域とは、互いに同じ外形形状および同じ大きさを有し、

前記第 1 基板と前記第 2 基板とは、前記第 1 単位減光領域と前記第 2 単位減光領域とが前記光軸方向から見て互いに重なり合う基準状態を中心として、前記第 1 単位減光領域の一部と前記第 2 単位減光領域の一部とが前記光軸方向から見て重なり合う範囲内で相対移動可能に構成されていることを特徴とする請求項 20 に記載の補正ユニット。

[請求項22] 前記第 1 基板および前記第 2 基板は、平行平板の形態を有することを特徴とする請求項 19 乃至 21 のいずれか 1 項に記載の補正ユニット。

[請求項23] 前記第 1 基板と前記第 2 基板とは互いに平行に配置されていることを特徴とする請求項 22 に記載の補正ユニット。

[請求項24] 前記第 1 減光パターンは前記第 1 基板の前記射出側の面に形成され、前記第 2 減光パターンは前記第 2 基板の前記入射側の面に形成されていることを特徴とする請求項 19 乃至 23 のいずれか 1 項に記載の補正ユニット。

[請求項25] 前記第 1 減光パターンは分布形成された複数の第 1 単位減光領域を有し、

前記第2減光パターンは、前記複数の第1単位減光領域に対応して分布形成された複数の第2単位減光領域を有することを特徴とする請求項17乃至24のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項26] 前記第1単位減光領域および前記第2単位減光領域のうちの少なくとも一方は、入射光を遮る遮光領域を有することを特徴とする請求項17乃至25のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項27] 前記第1単位減光領域および前記第2単位減光領域のうちの少なくとも一方は、入射光を散乱させる散乱領域を有することを特徴とする請求項17乃至26のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項28] 前記第1単位減光領域および前記第2単位減光領域のうちの少なくとも一方は、入射光を回折させる回折領域を有することを特徴とする請求項17乃至27のいずれか1項に記載の補正ユニット。

[請求項29] 照明光学系の照明瞳に形成される瞳強度分布を補正する補正ユニットであって、

前記照明瞳の前側に隣接してパワーを有する光学素子と前記照明瞳の後側に隣接してパワーを有する光学素子との間の照明瞳空間に配置されて、前記照明光学系の光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第1基板と、

前記照明瞳空間において前記第1基板よりも後側に配置されて前記光軸に沿って所定の厚さを有する光透過性の第2基板とを備え、

前記第1基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第1減光パターンを有し、

前記第2基板は、光の入射側の面および光の射出側の面のうちの少なくとも一方の面に形成された第2減光パターンを有し、

前記第1減光パターンは少なくとも1つの第1単位減光領域を有し、

前記第2減光パターンは、前記少なくとも1つの第1単位減光領域に対応して形成された少なくとも1つの第2単位減光領域を有し、

前記第 1 単位減光領域と前記第 2 単位減光領域とは、前記第 1 単位減光領域に第 1 の入射角で入射する光に対して第 1 の減光率を与え、且つ前記第 1 単位減光領域に前記第 1 の入射角とは異なる第 2 の入射角で入射する光に対して前記第 1 の減光率とは異なる第 2 の減光率を与え、

前記第 1 基板と前記第 2 基板との位置関係は、変更可能であることを特徴とする補正ユニット。

[請求項30] 前記第 1 基板と前記第 2 基板との相対位置の変化および前記第 1 基板への光の入射角度の変化に応じて前記第 1 減光パターンおよび前記第 2 減光パターンによる減光率が変化するように構成されていることを特徴とする請求項 29 に記載の補正ユニット。

[請求項31] 前記第 1 単位減光領域の一部と前記第 2 単位減光領域の一部とが前記光軸方向から見て重なり合っていることを特徴とする請求項 29 に記載の補正ユニット。

[請求項32] 前記第 1 基板と前記第 2 基板とは、前記光軸を横切る第 1 方向に沿って相対移動可能に構成されていることを特徴とする請求項 29 に記載の補正ユニット。

[請求項33] 光源からの光で被照射面を照明する照明光学系において、

オプティカルインテグレータを有し、該オプティカルインテグレータよりも後側の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系と、

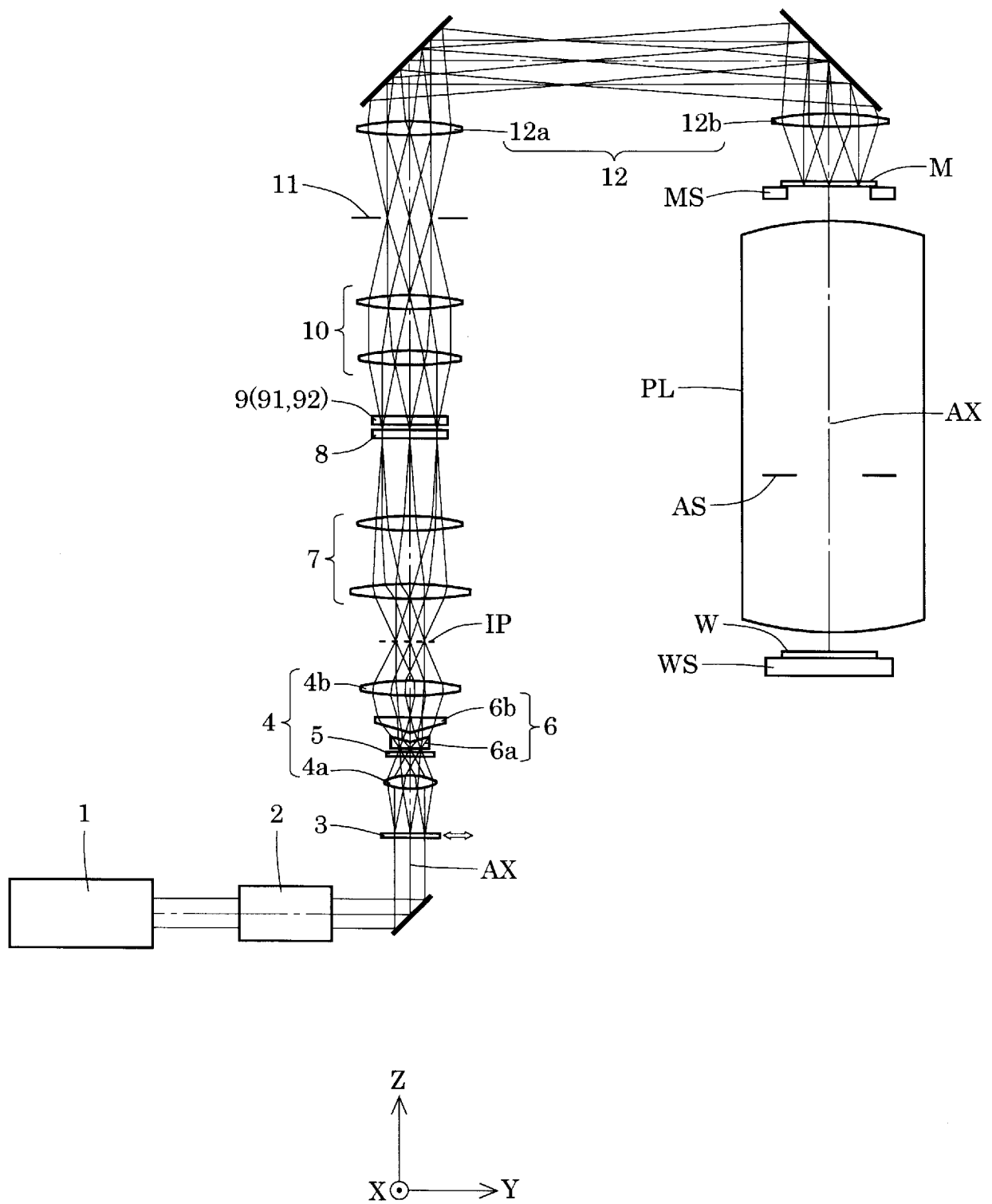
前記後側の照明瞳を含む前記照明瞳空間に配置された請求項 1 乃至 32 のいずれか 1 項に記載の補正ユニットとを備えていることを特徴とする照明光学系。

[請求項34] 前記オプティカルインテグレータは所定方向に沿って細長い矩形状の単位波面分割面を有し、前記補正ユニットは前記照明瞳において前記照明光学系の光軸を挟んで前記所定方向と直交する方向に間隔を隔てた一对の領域からの光に作用するように位置決めされていることを特徴とする請求項 33 に記載の照明光学系。

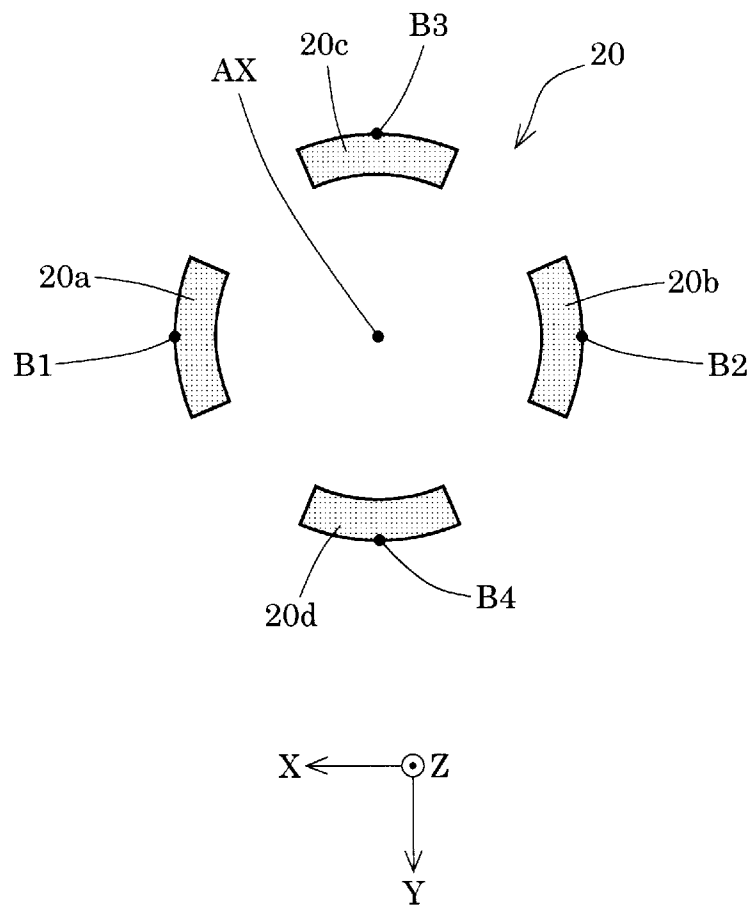
- [請求項35] 光源からの光で被照射面を照明する照明光学系において、
オプティカルインテグレータを有し、該オプティカルインテグレータよりも後側の照明瞳に瞳強度分布を形成する分布形成光学系と、
前記後側の照明瞳を含む前記照明瞳空間に配置された請求項 1 乃至 32 のいずれか 1 項に記載の補正ユニットとを備え、
前記オプティカルインテグレータは所定方向に沿って細長い矩形状の単位波面分割面を有し、前記所定方向は前記補正ユニットにおける第 1 方向に対応していることを特徴とする照明光学系。
- [請求項36] 前記被照射面上での照度分布または前記被照射面上に形成される照明領域の形状を変更する光量分布調整部をさらに備えることを特徴とする請求項 33 乃至 35 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。
- [請求項37] 前記光量分布調整部は、前記補正ユニットによる前記被照射面上の光量分布への影響を補正することを特徴とする請求項 36 に記載の照明光学系。
- [請求項38] 前記被照射面と光学的に共役な面を形成する投影光学系と組み合わせて用いられ、前記照明瞳は前記投影光学系の開口絞りと光学的に共役な位置であることを特徴とする請求項 33 乃至 37 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。
- [請求項39] 前記分布形成光学系は、前記オプティカルインテグレータに隣接する照明瞳に前記瞳強度分布を形成し、
前記補正ユニットは前記隣接する照明瞳に配置されることを特徴とする請求項 33 乃至 38 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。
- [請求項40] 前記分布形成光学系は、前記オプティカルインテグレータからの光を導いて前記後側の照明瞳に瞳強度分布を形成するリレー光学系を備え、
前記補正ユニットは、前記後側の照明瞳を含む前記照明瞳空間に配置されることを特徴とする請求項 33 乃至 38 のいずれか 1 項に記載の照明光学系。

- [請求項41] 前記リレー光学系は、前記オプティカルインテグレータに隣接する照明瞳と光学的に共役な位置を前記後側の照明瞳に形成することを特徴とする請求項40に記載の照明光学系。
- [請求項42] 所定のパターンを照明するための請求項33乃至41のいずれか1項に記載の照明光学系を備え、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43] 前記所定のパターンの像を前記感光性基板上に形成する投影光学系を備え、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42に記載の露光装置。
- [請求項44] 前記オプティカルインテグレータにおける前記所定方向は、前記走査方向と直交する方向に対応していることを特徴とする請求項43に記載の露光装置。
- [請求項45] 請求項42乃至44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。

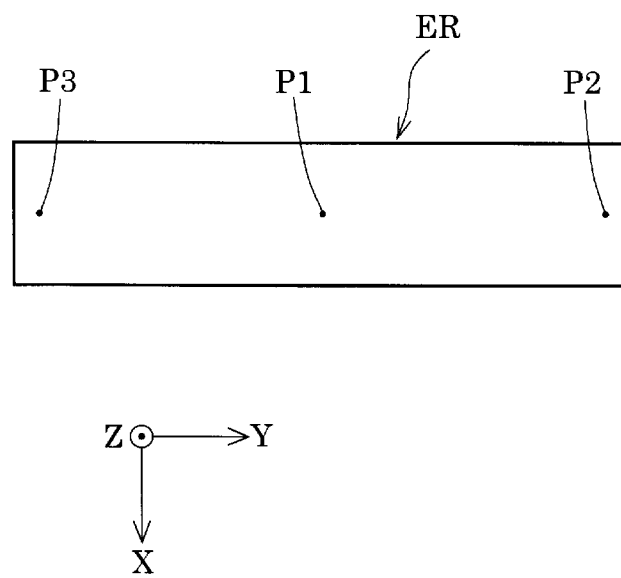
[図1]



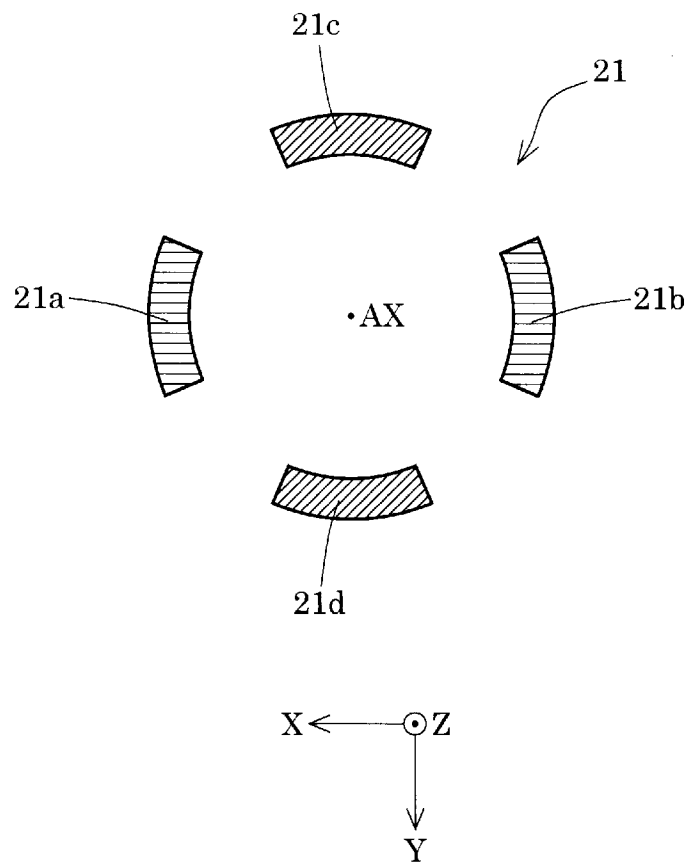
[図2]



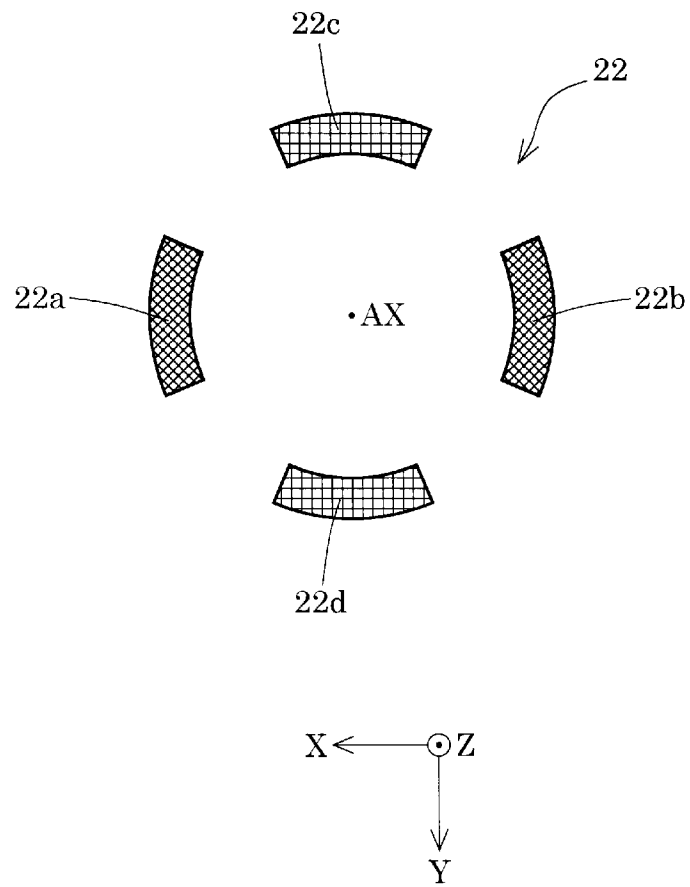
[図3]



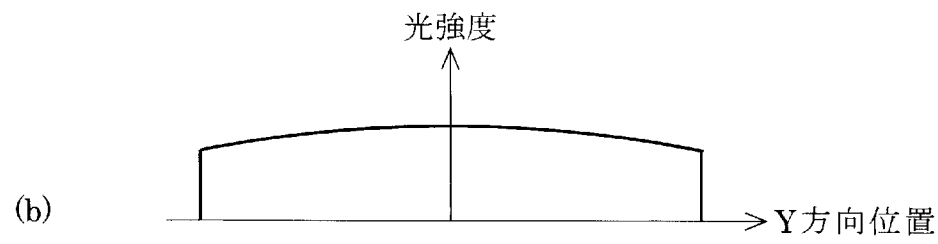
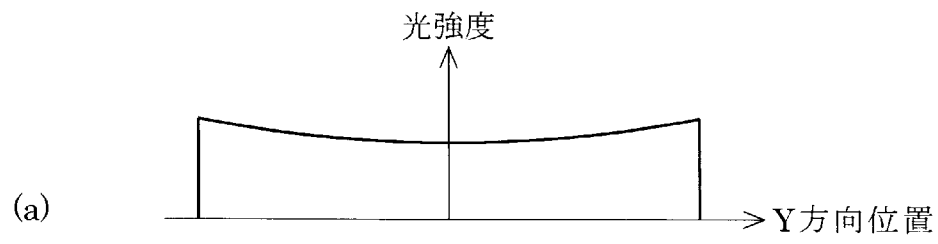
[図4]



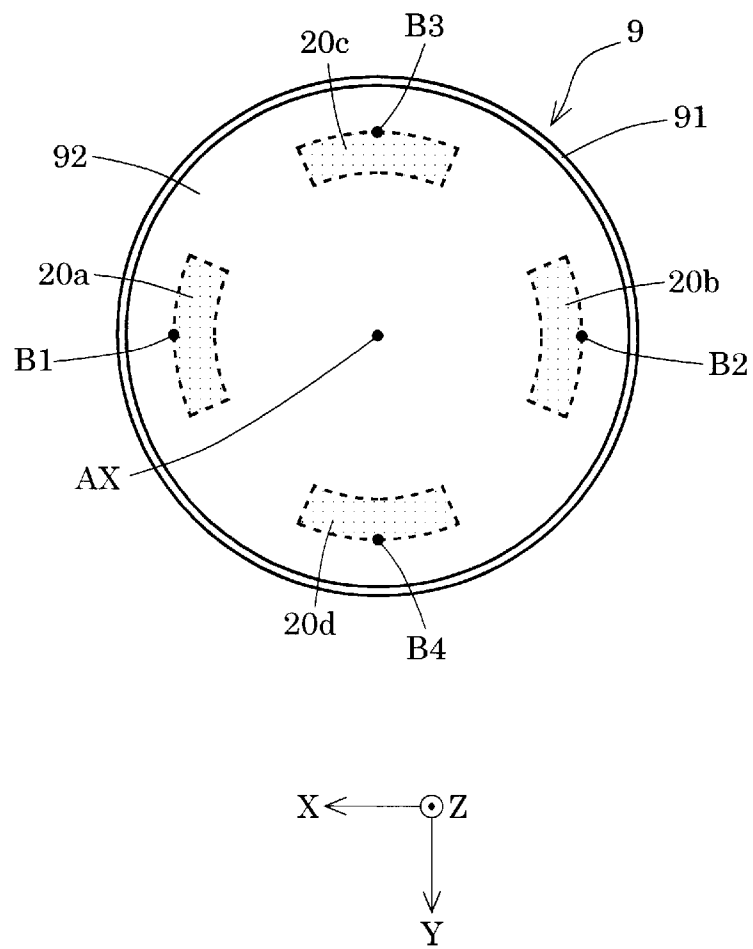
[図5]



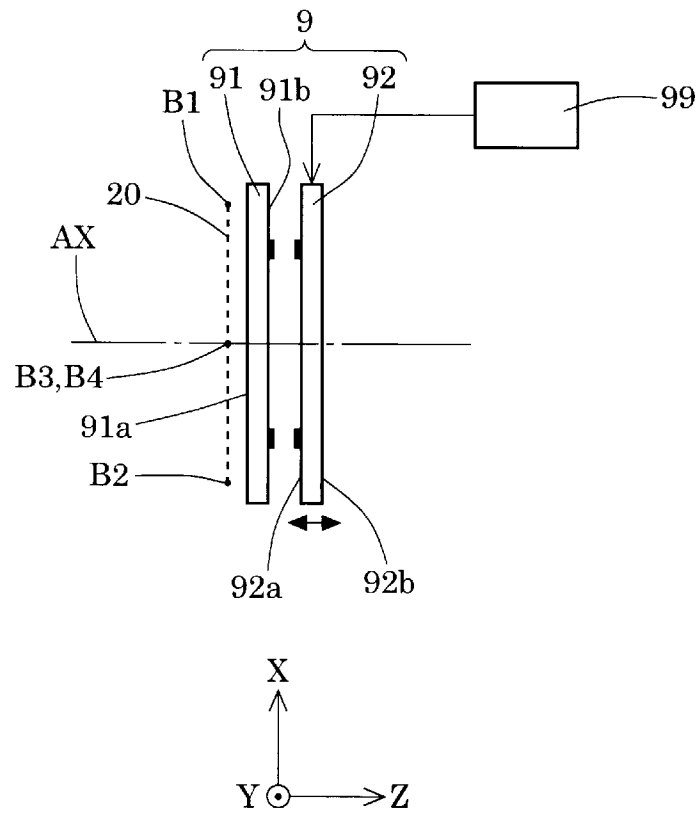
[図6]



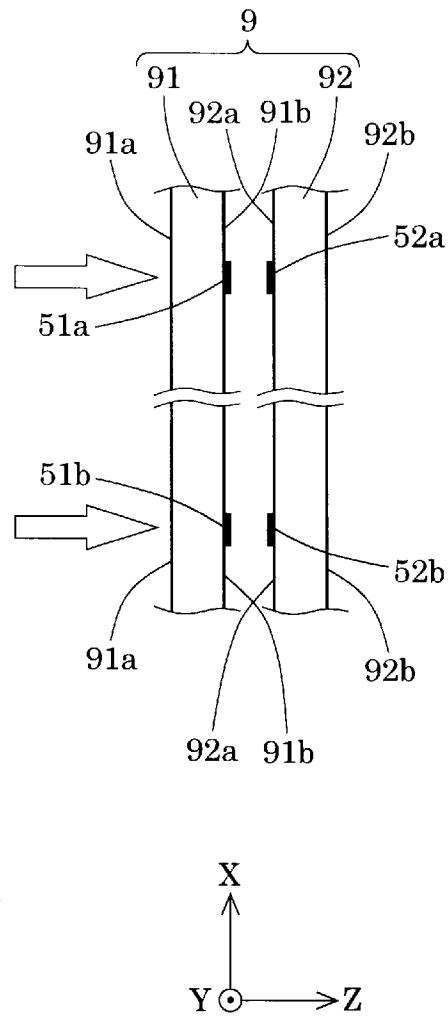
[図7]



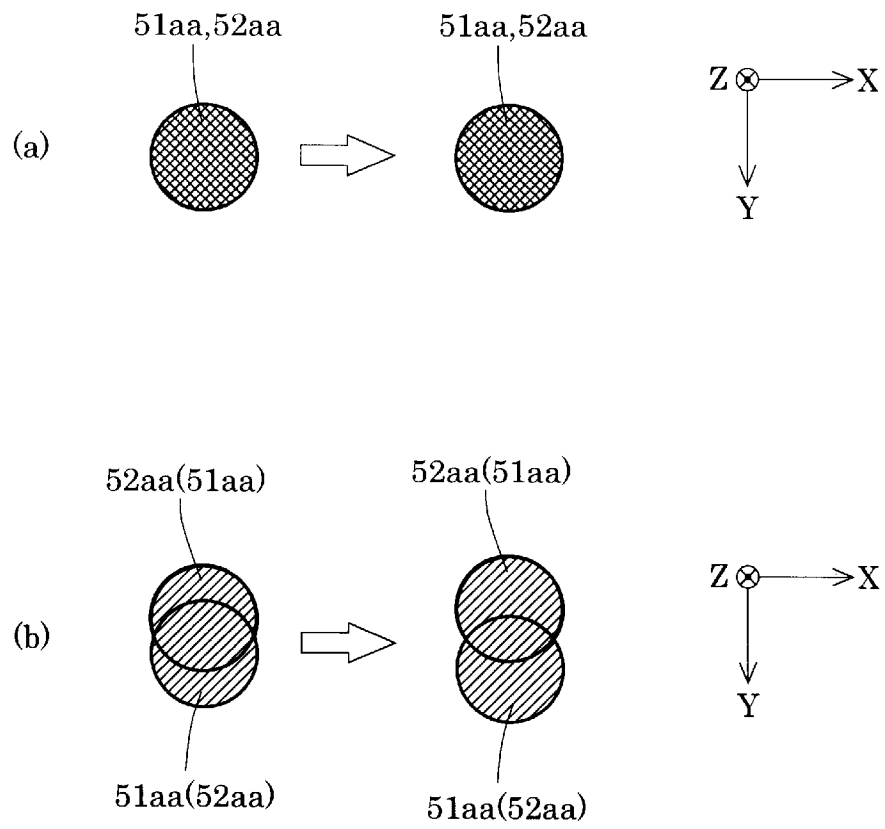
[図8]



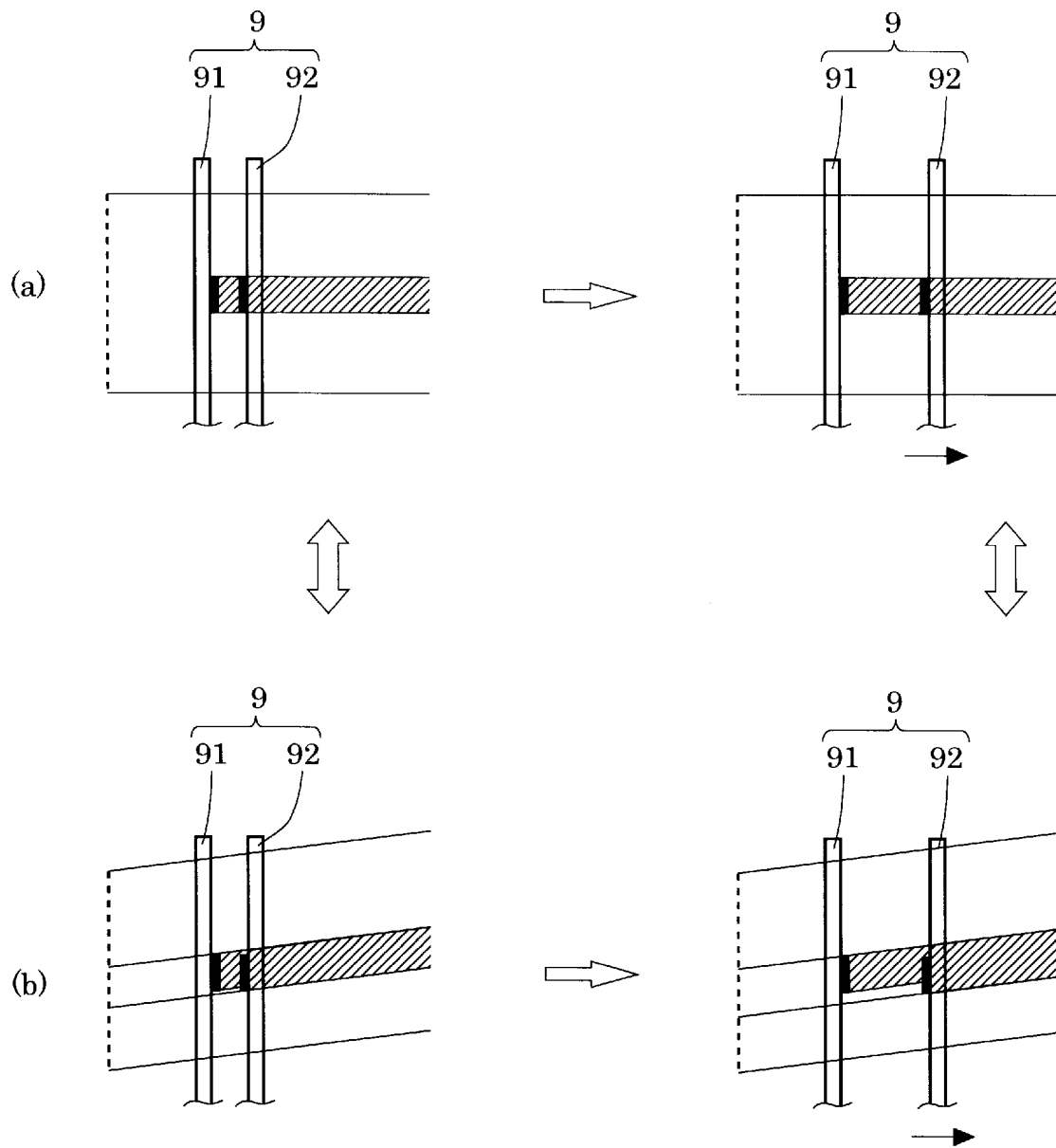
[図9]



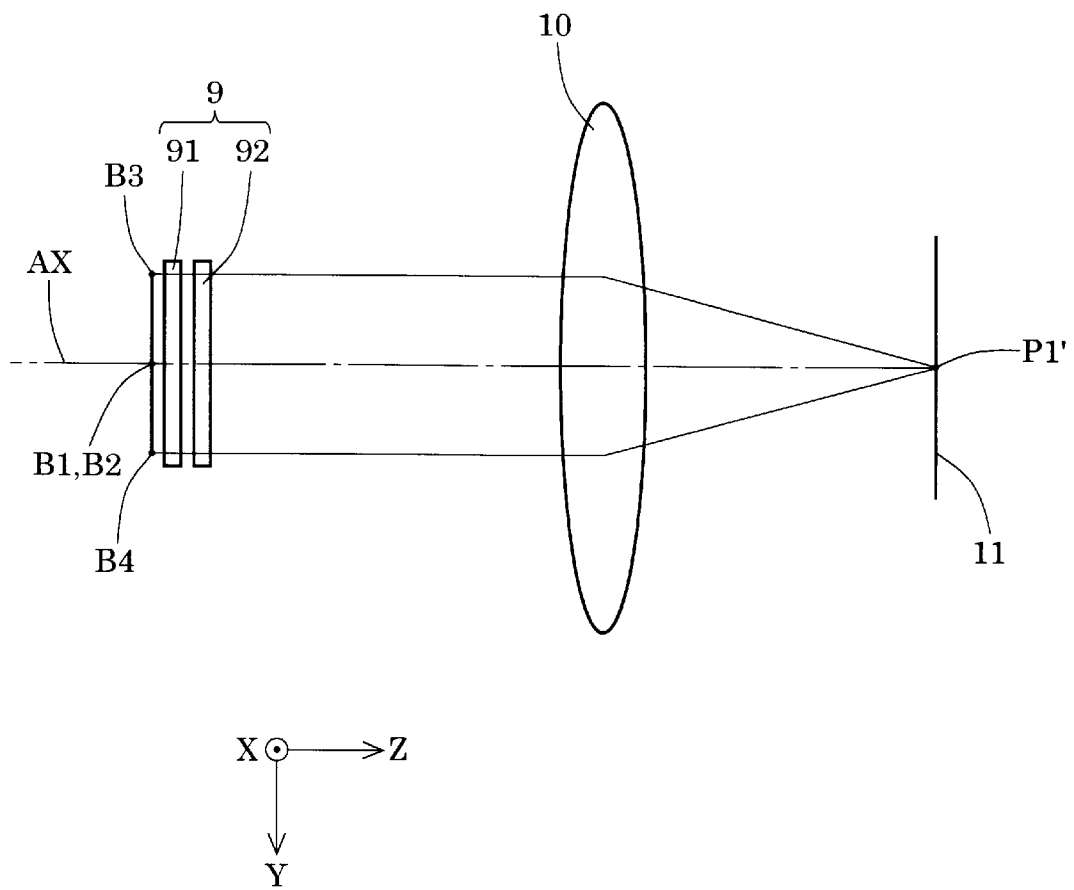
[図10]



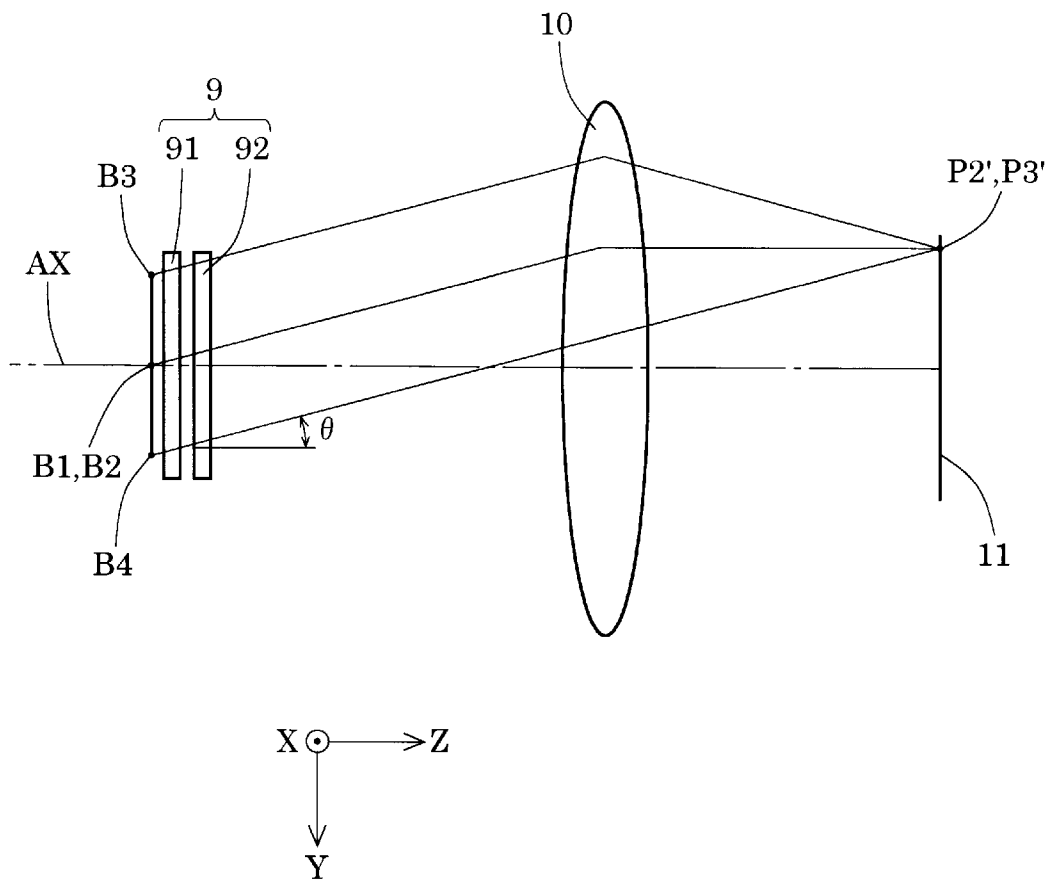
[図11]



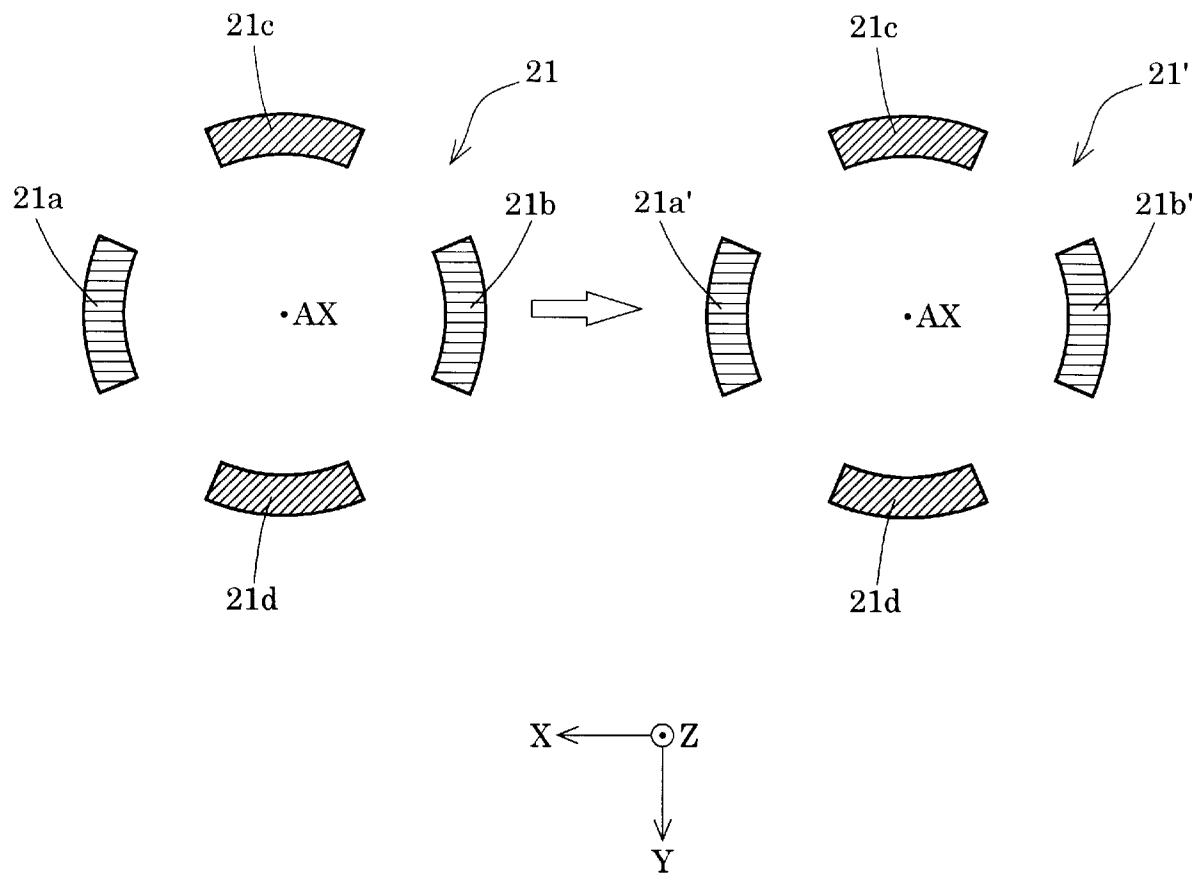
[図12]



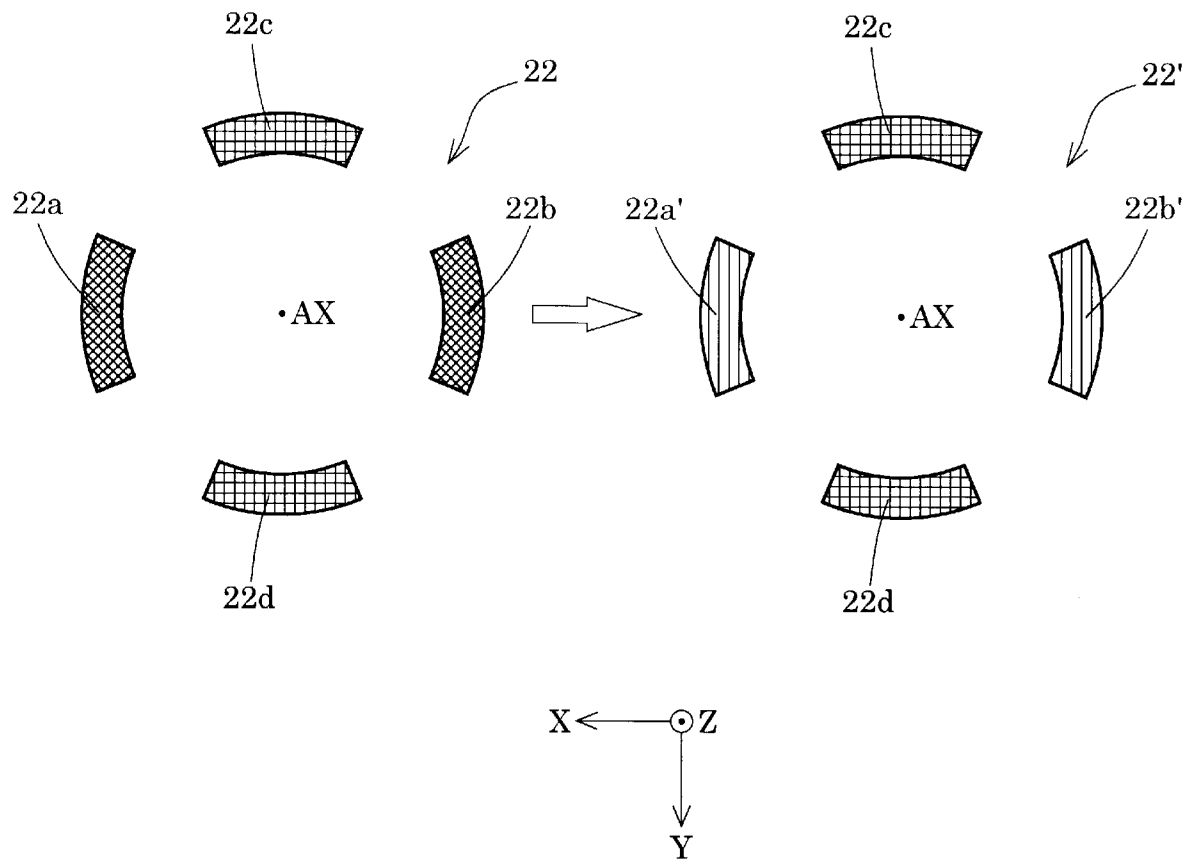
[図13]



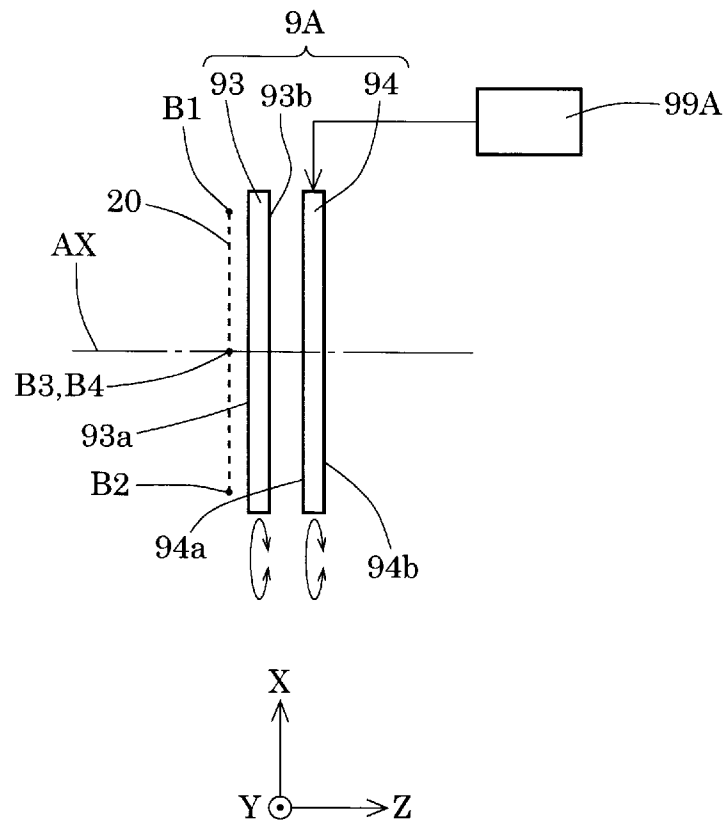
[図14]



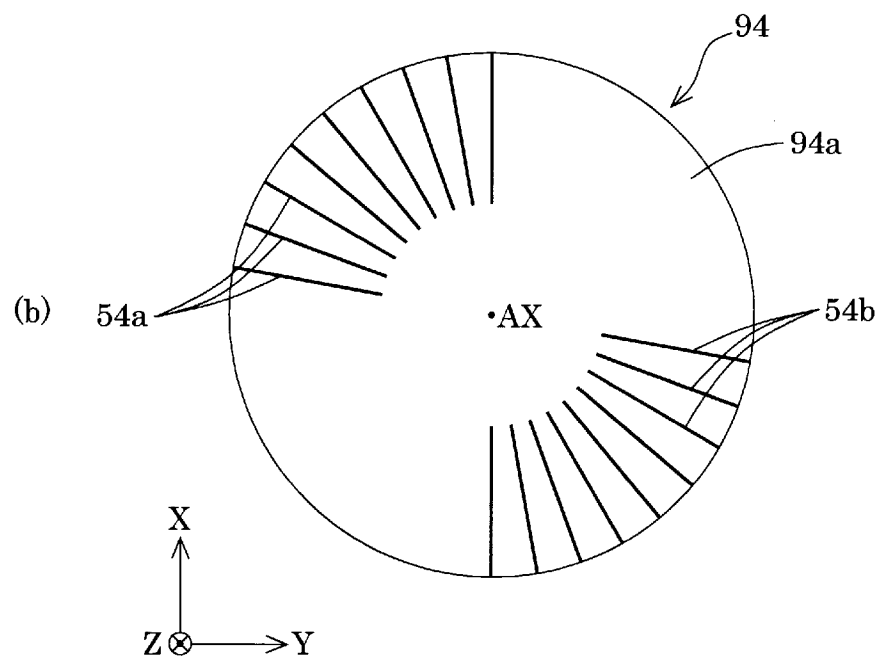
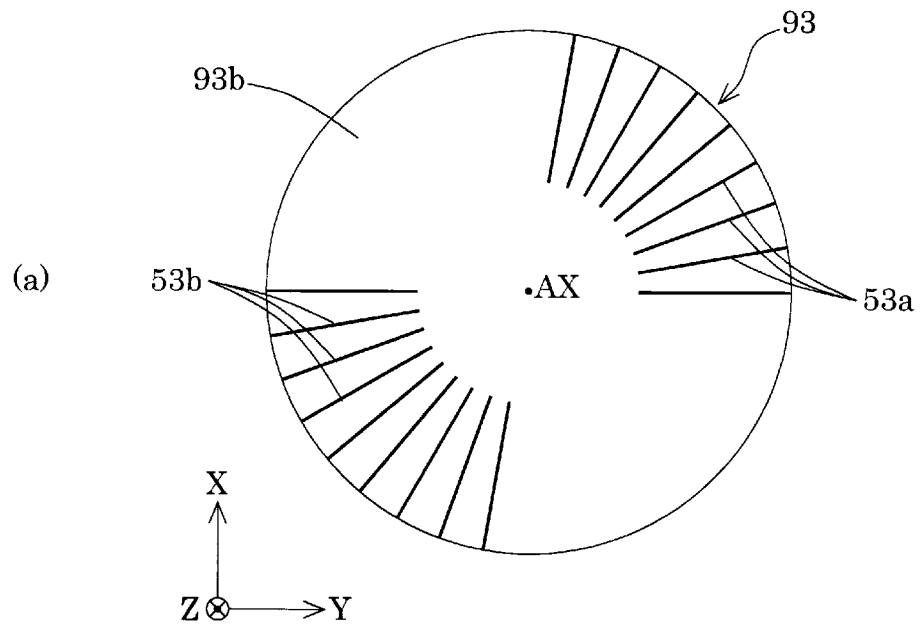
[図15]



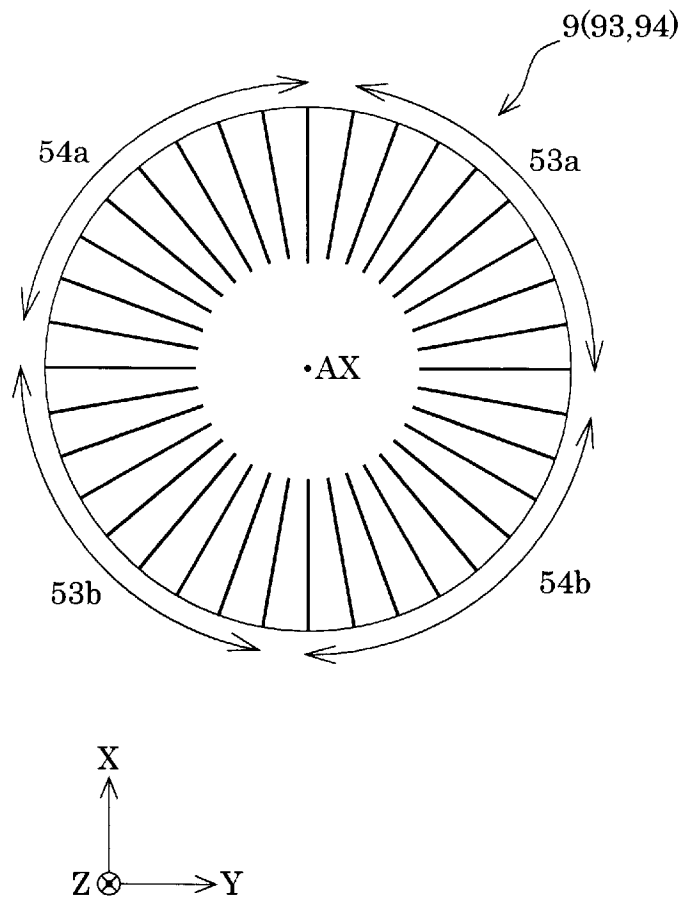
[図16]



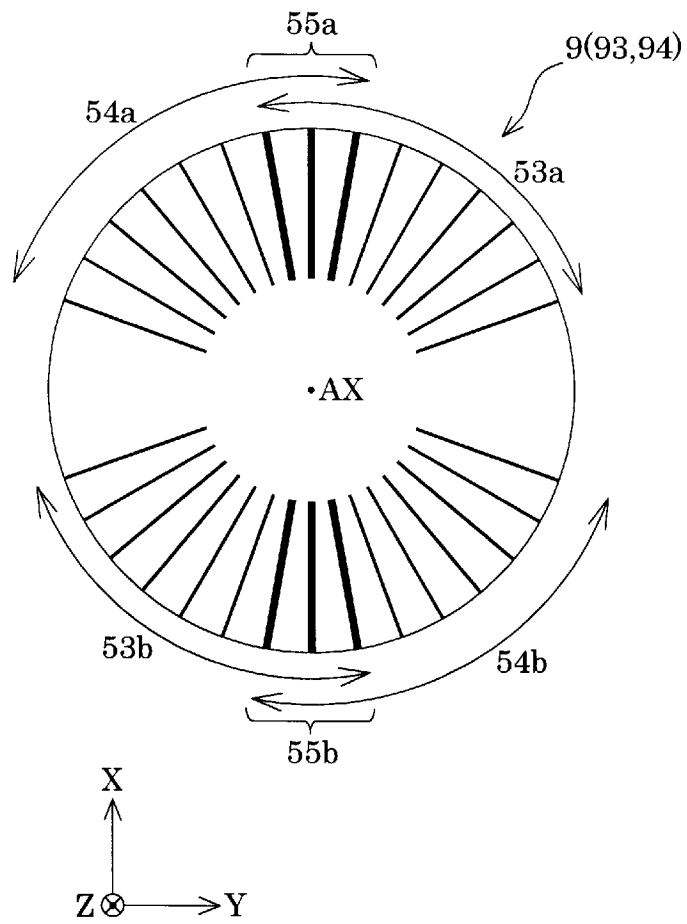
[図17]



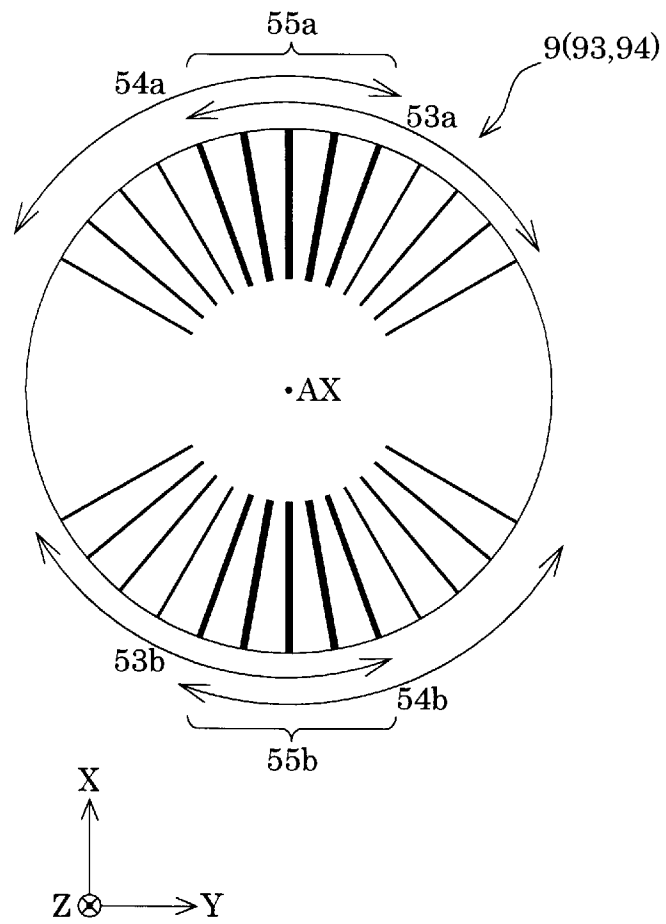
[図18]



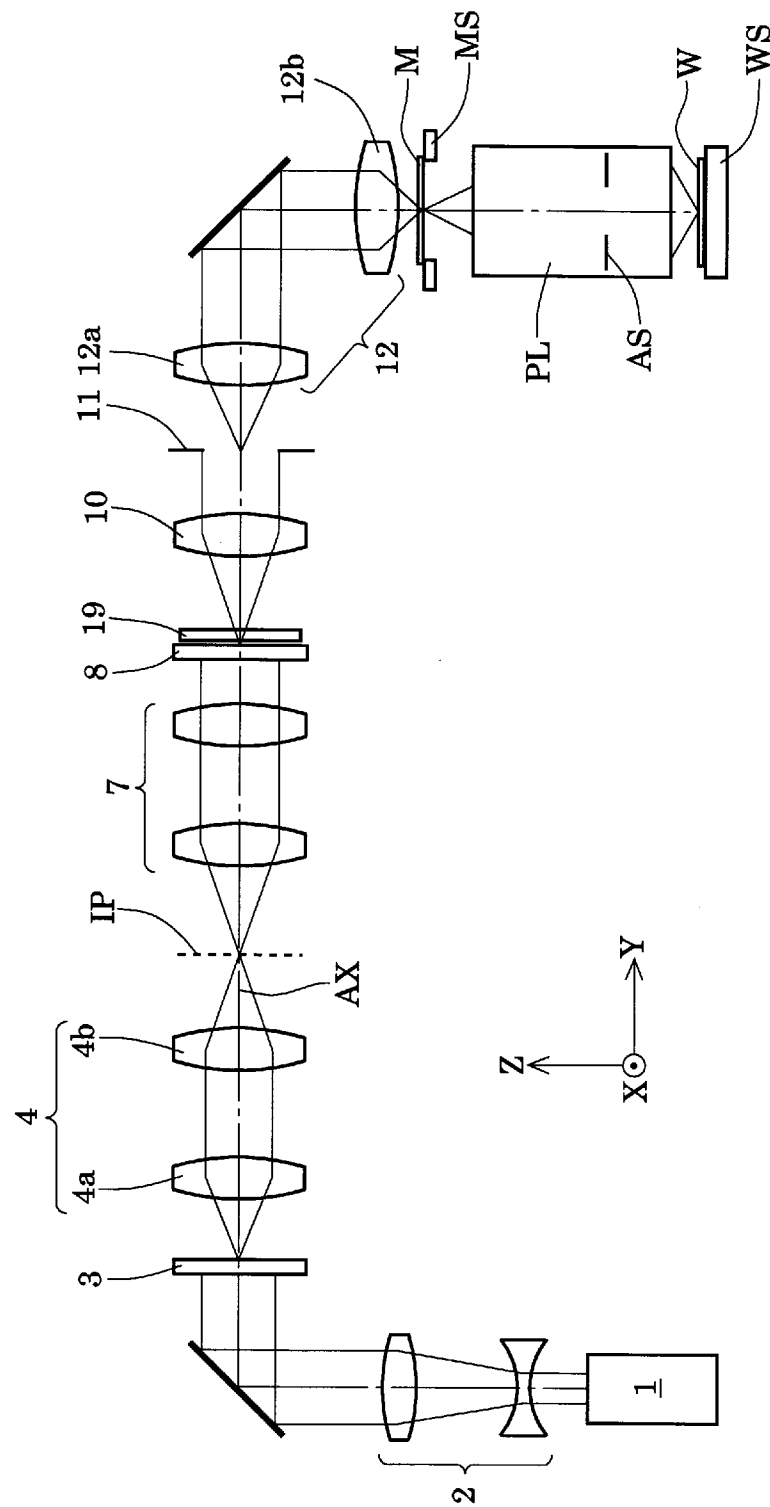
[図19]



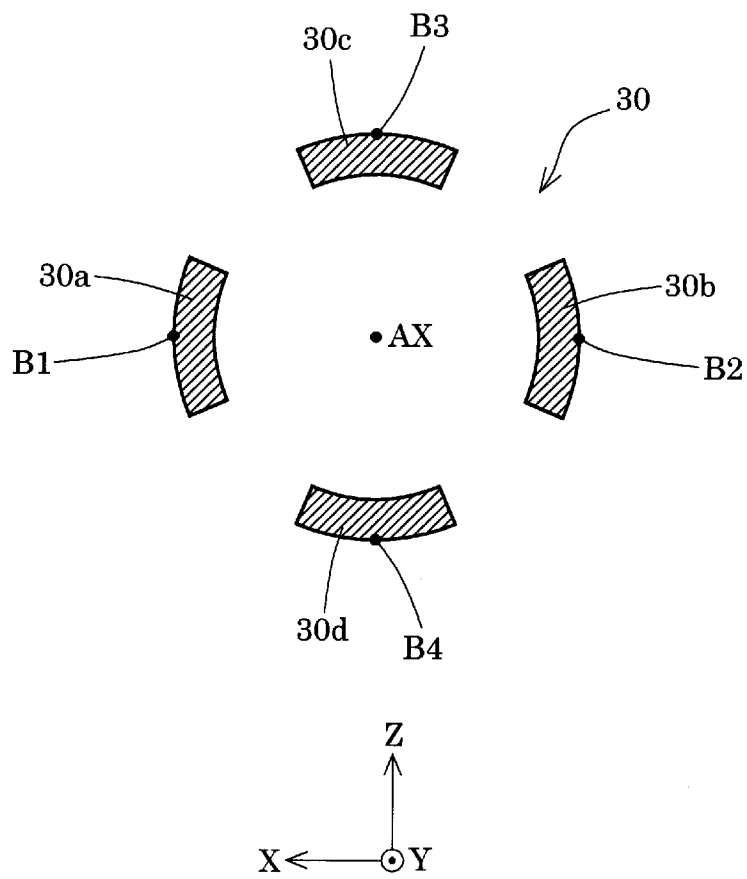
[図20]



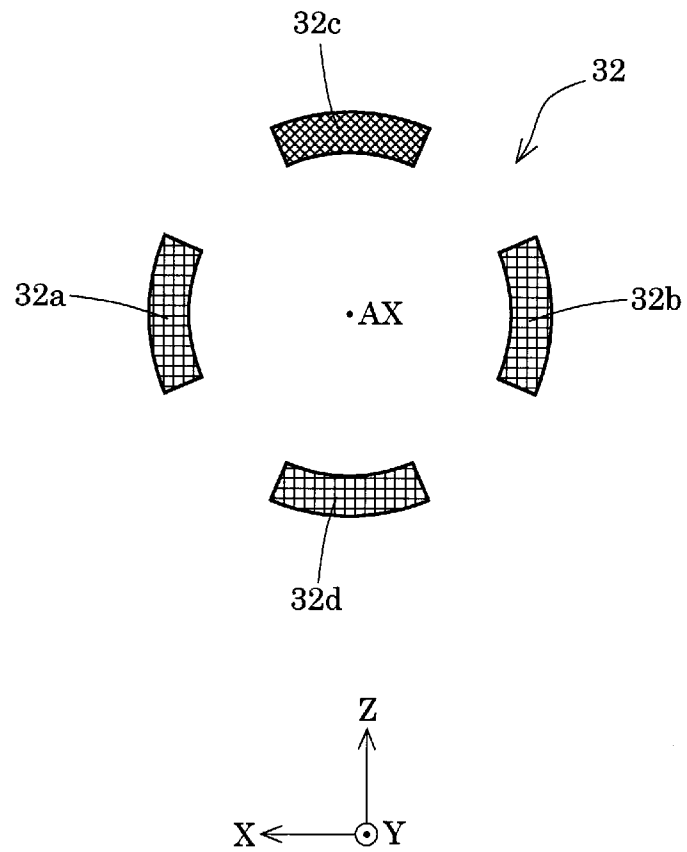
[図21]



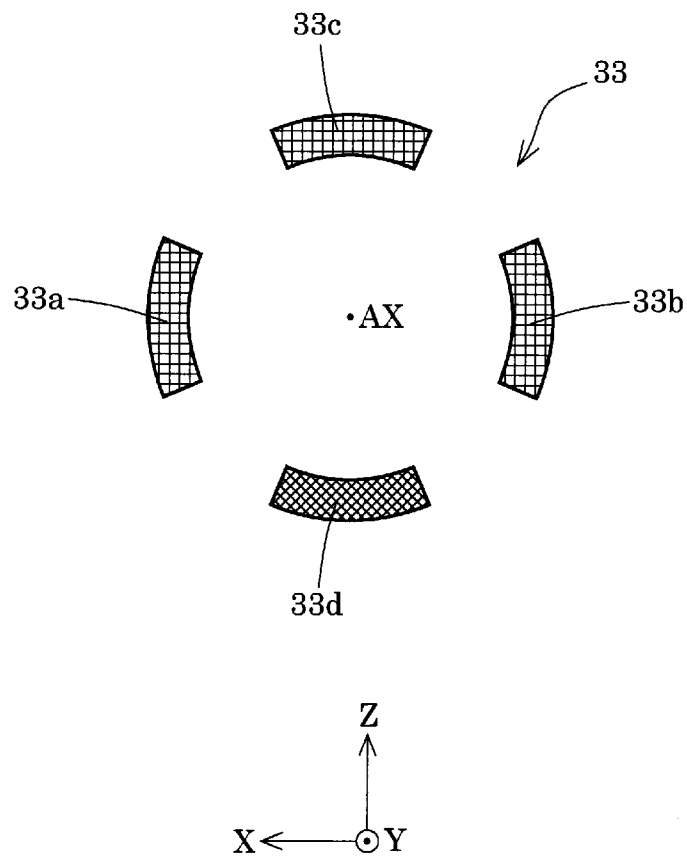
[図22]



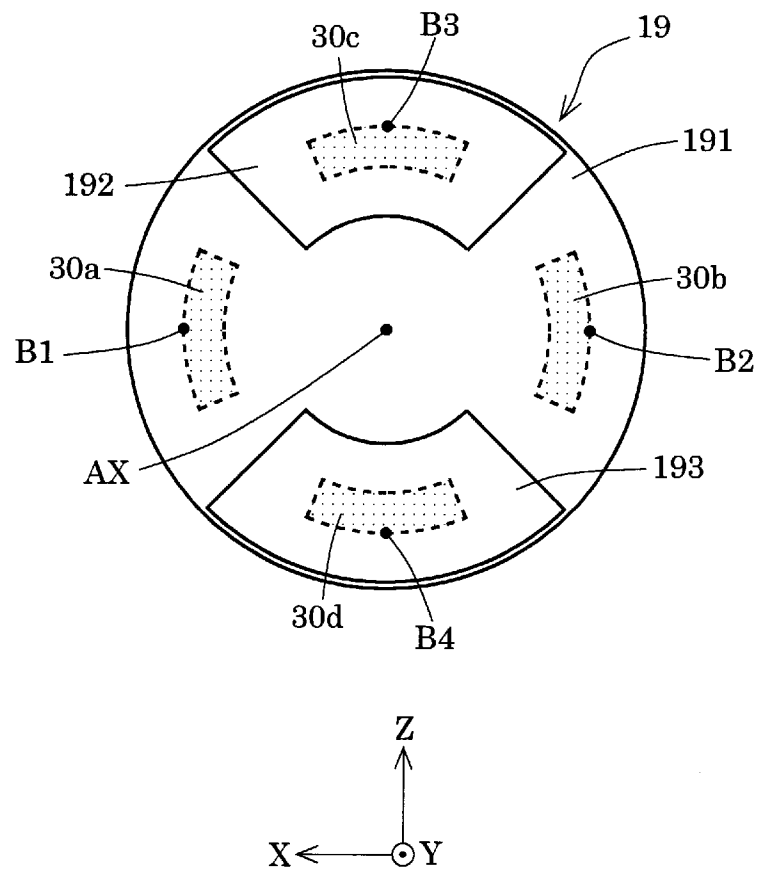
[図23]



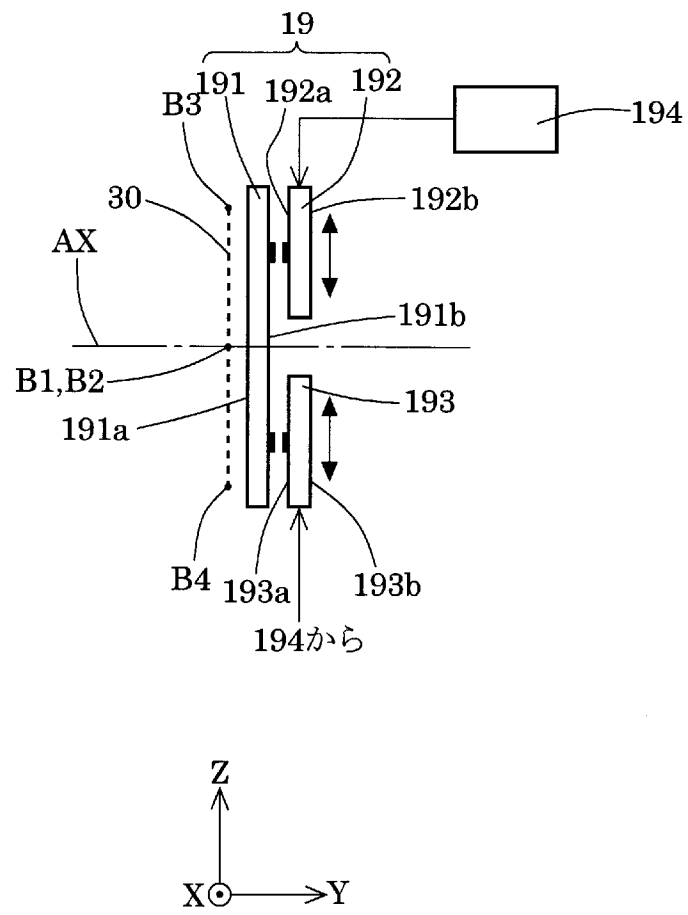
[図24]



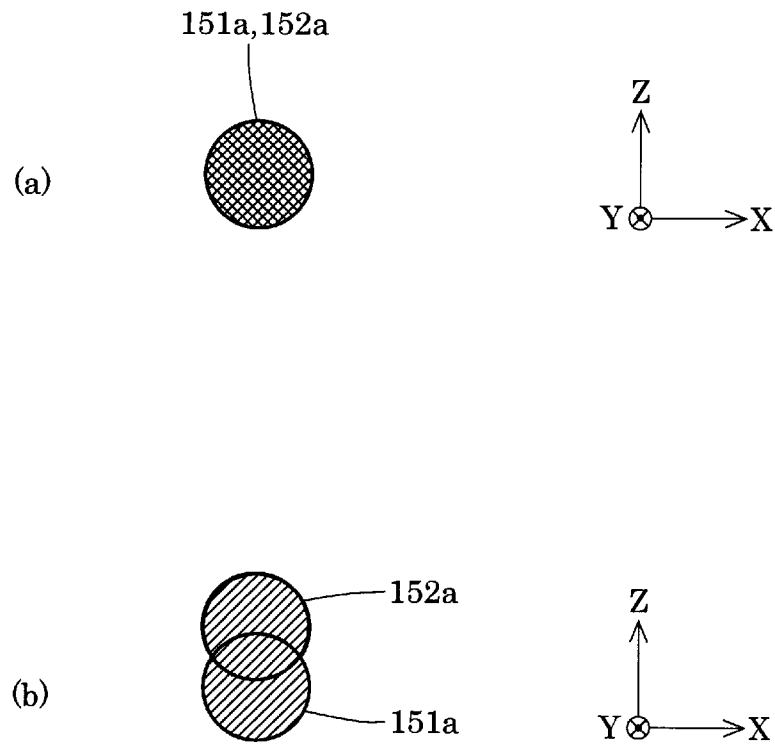
[図25]



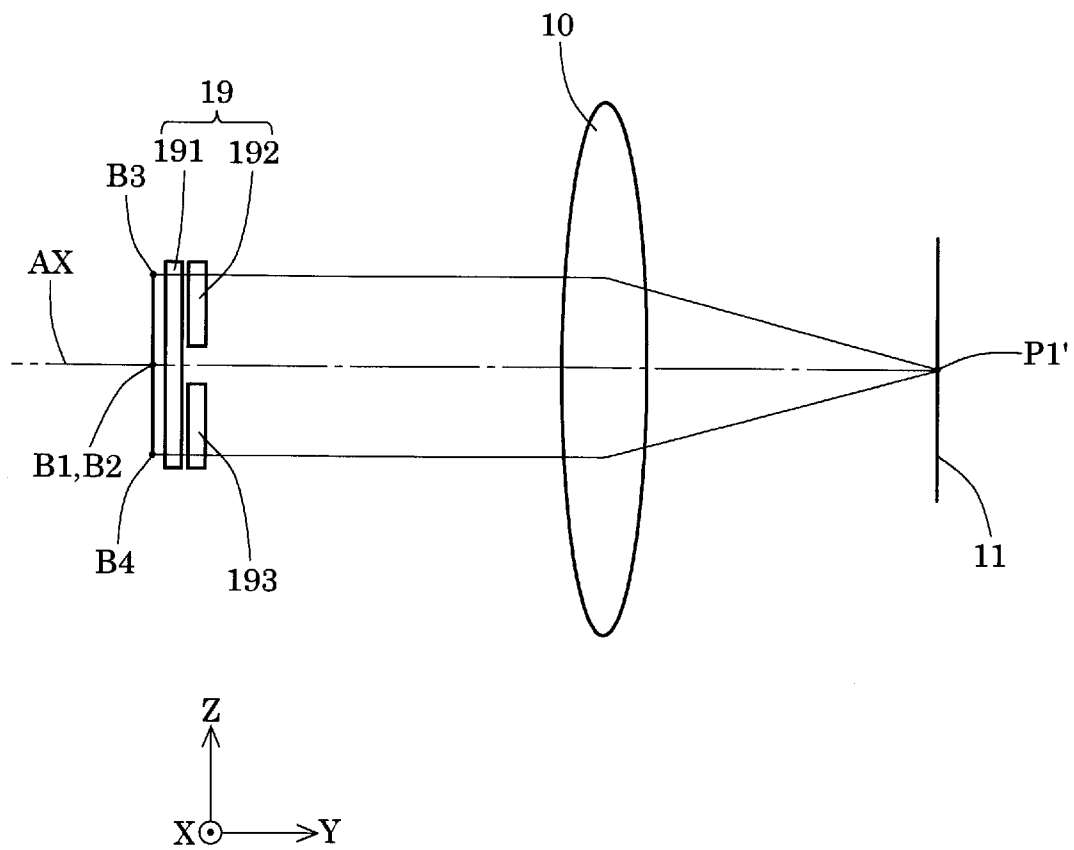
[図26]



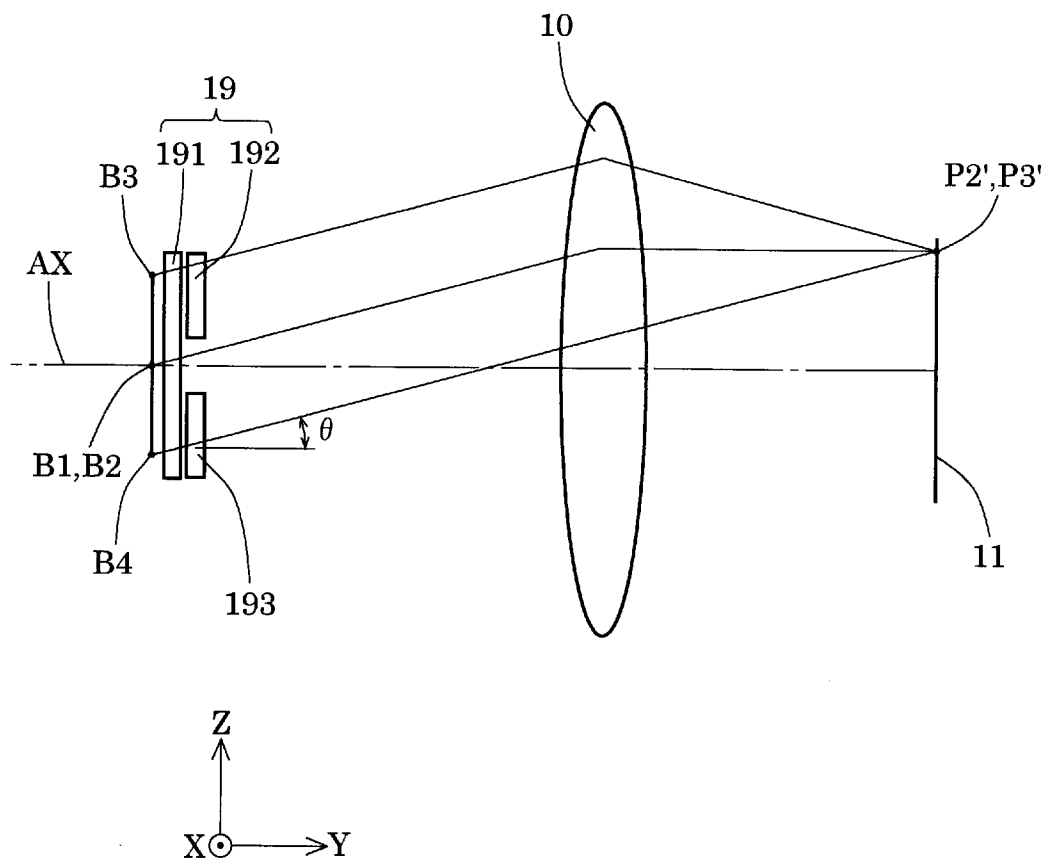
[図28]



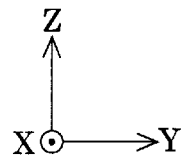
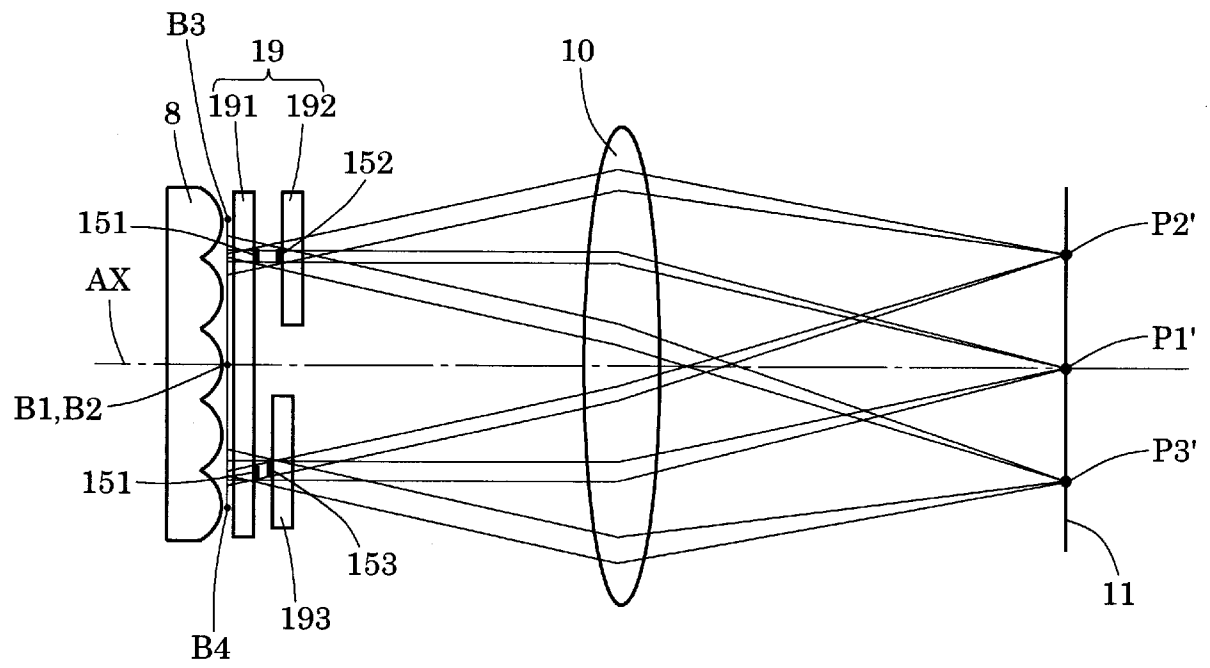
[図29]



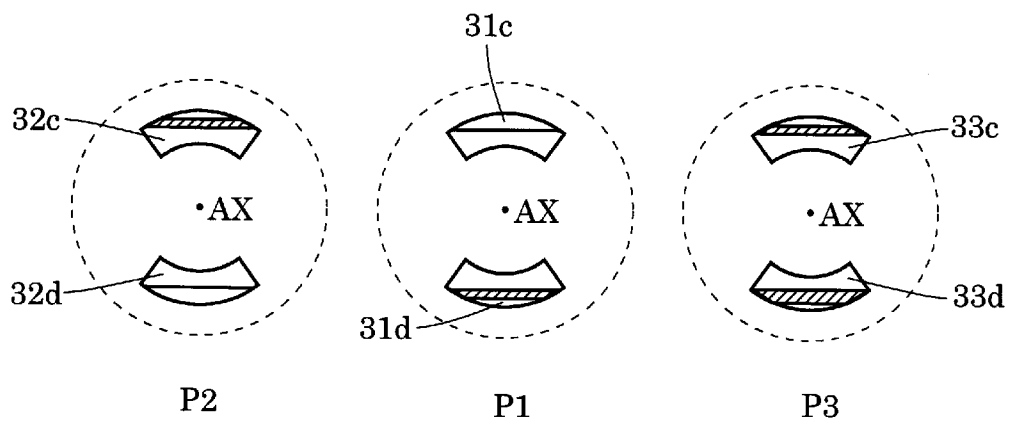
[図30]



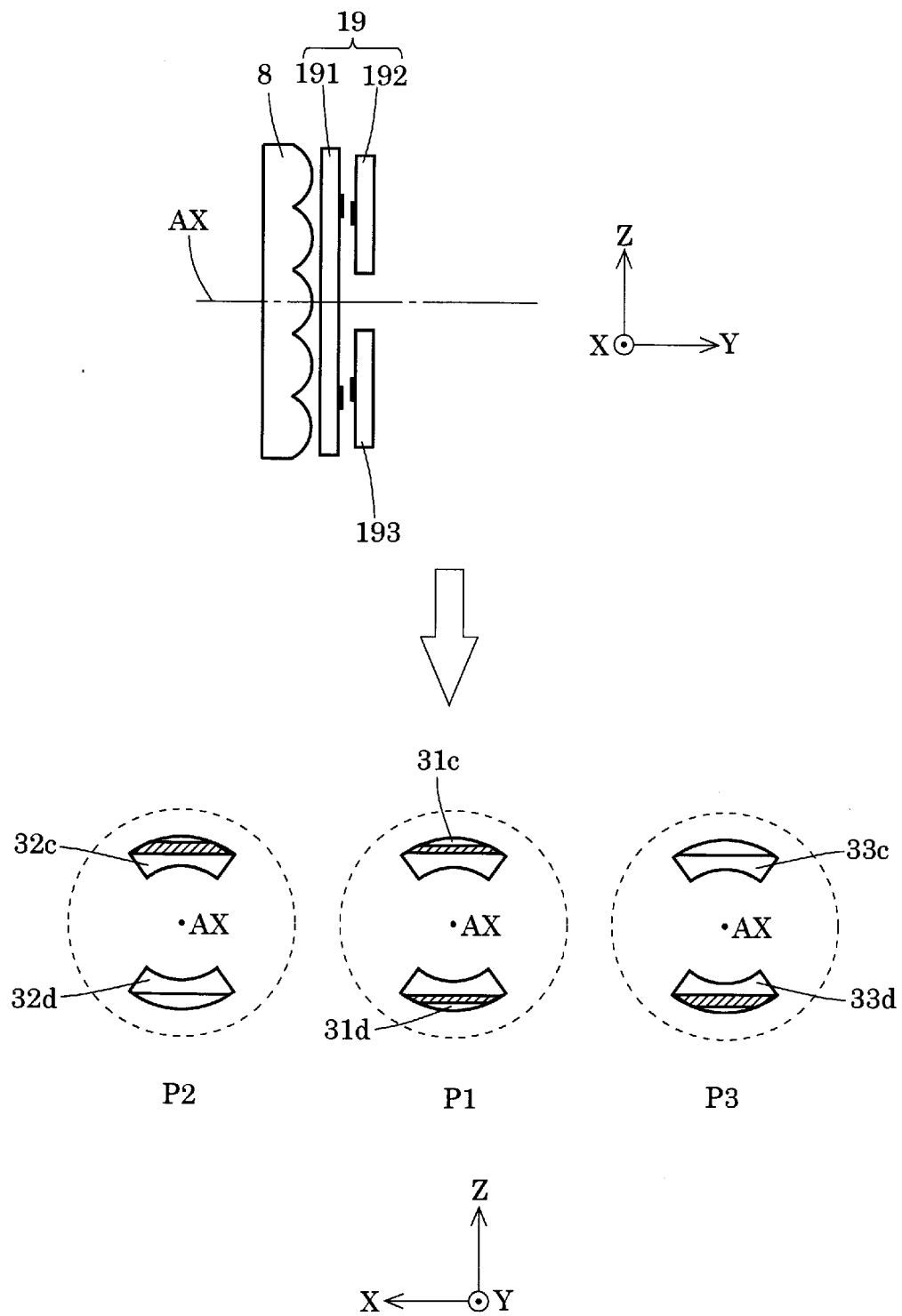
[図31]



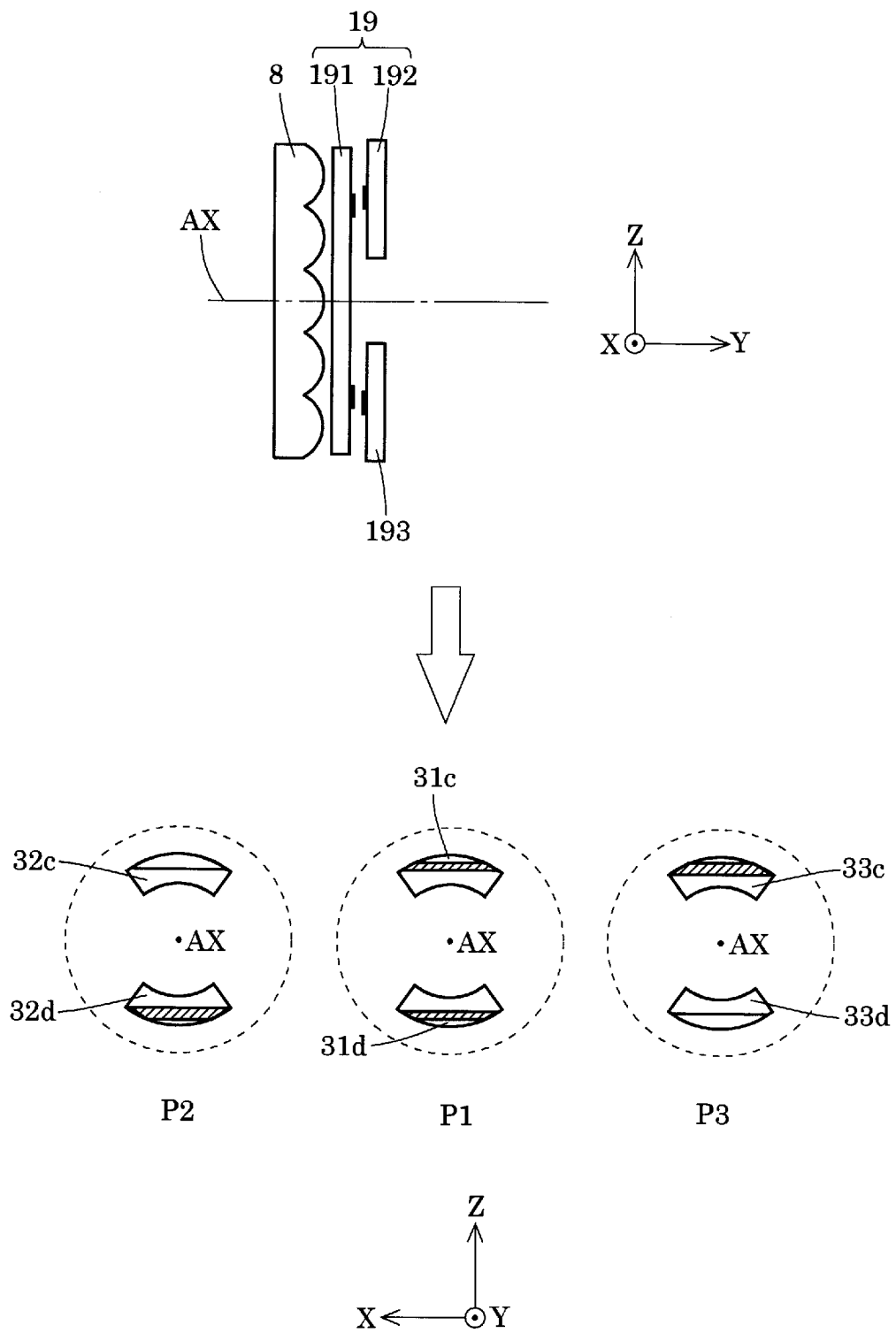
[図32]



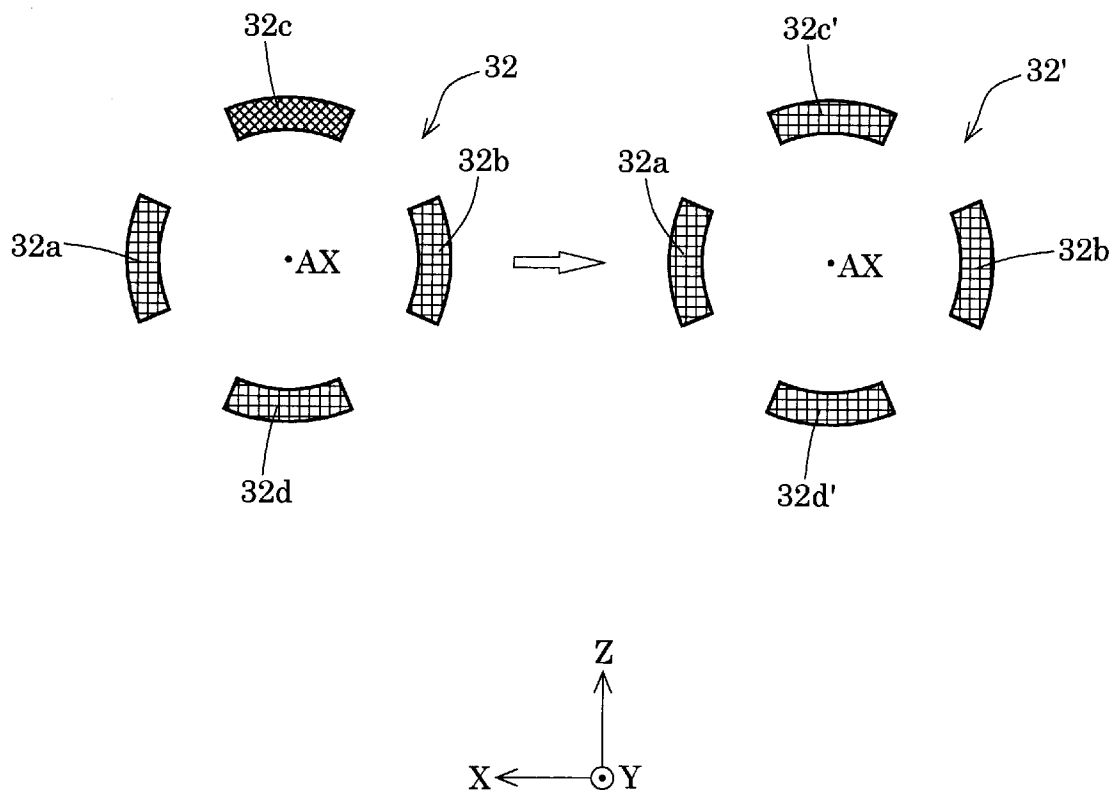
[図33]



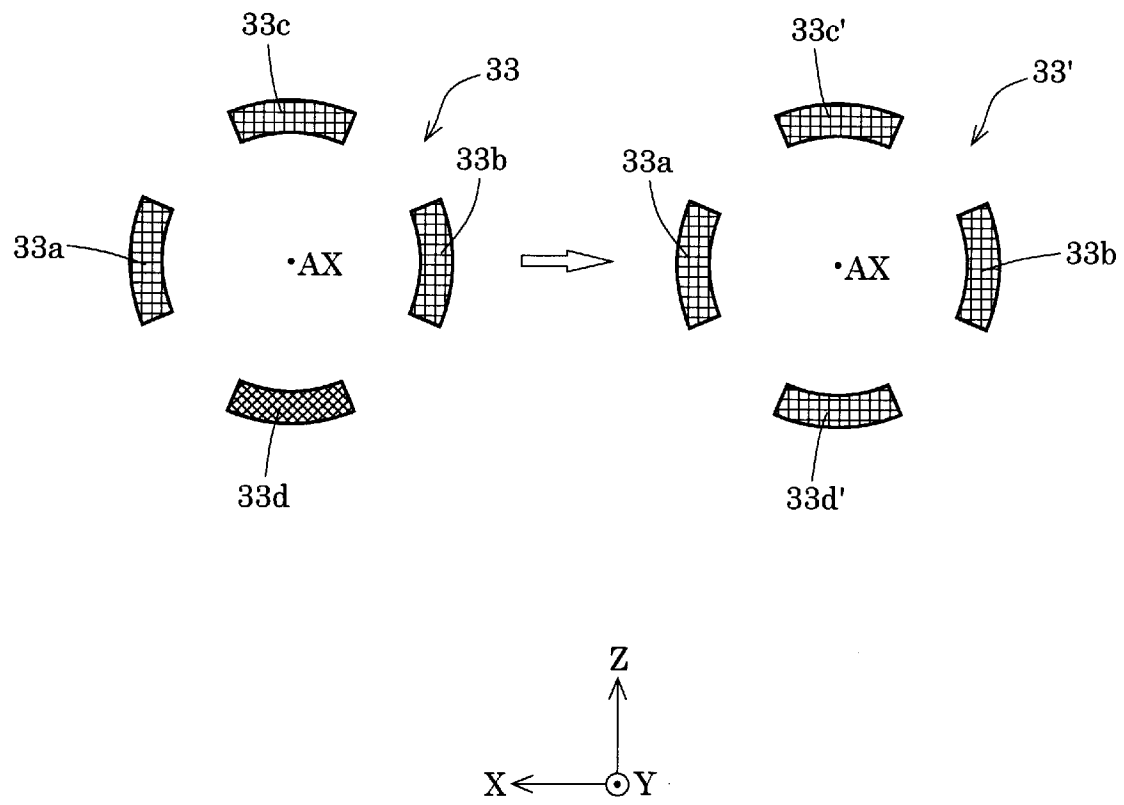
[図34]



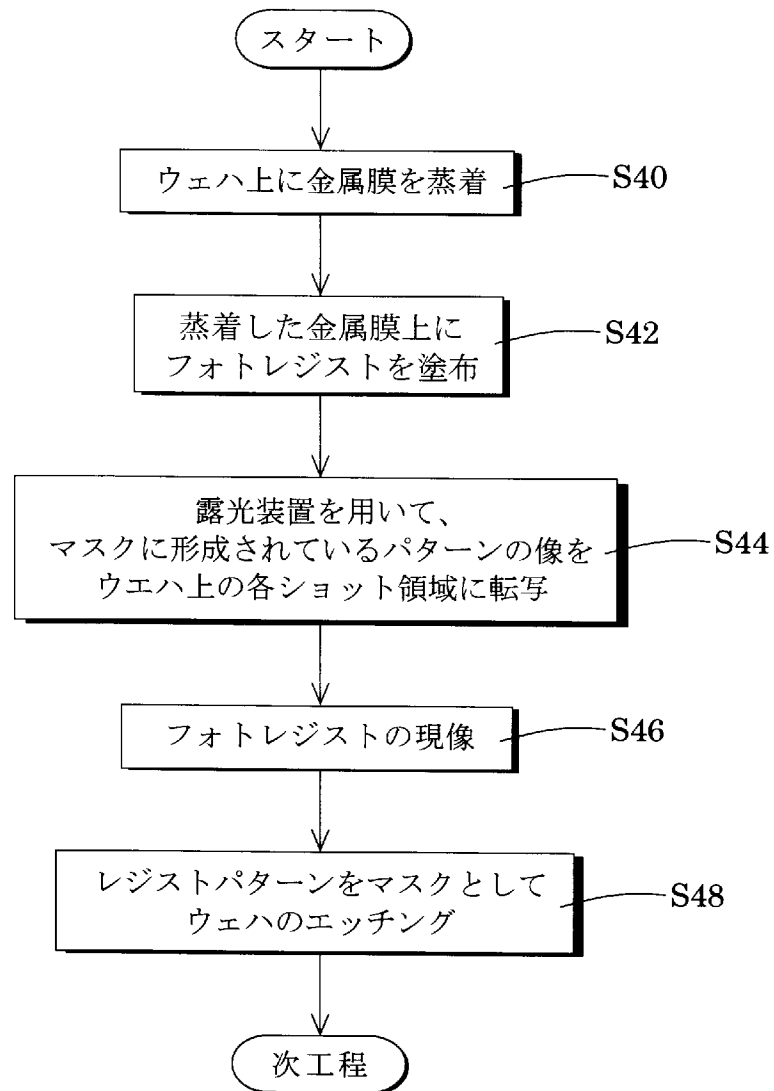
[図35]



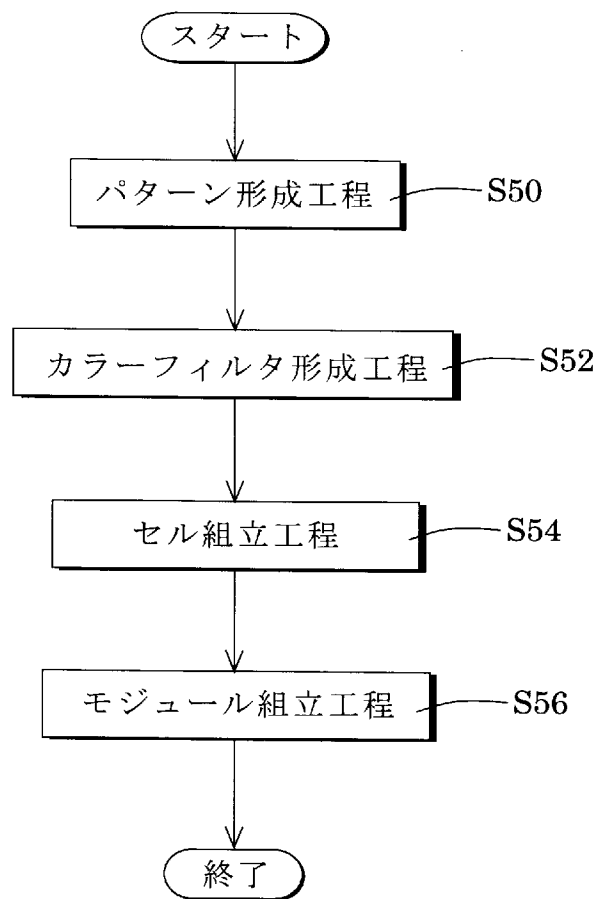
[図36]



[図37]



[図38]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/065309

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L21/027(2006.01)i, G03F7/20(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, G03F7/20

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	1996-2009
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2009	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2009

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.
A	JP 2004-056103 A (Nikon Corp.), 19 February 2004 (19.02.2004), paragraphs [0062] to [0080]; all drawings & US 2004/0036977 A1 & EP 1367442 A2 & KR 10-2004-0012456 A & CN 1461973 A	1-45
A	JP 2002-158157 A (Nikon Corp.), 31 May 2002 (31.05.2002), paragraphs [0046] to [0054]; fig. 1 to 6 (Family: none)	1-45
A	JP 2002-100561 A (Nikon Corp.), 05 April 2002 (05.04.2002), paragraphs [0065] to [0075]; fig. 1 to 8 & US 2003/0025890 A1 & US 2004/0239904 A1 & TW 546699 B & KR 10-2001-0085493 A & SG 124257 A & SG 107560 A	1-45

☒ 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
27 November, 2009 (27.11.09)

Date of mailing of the international search report
08 December, 2009 (08.12.09)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2009/065309

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 2001-135564 A (Canon Inc.), 18 May 2001 (18.05.2001), paragraphs [0015] to [0052]; fig. 1 to 9 (Family: none)	1-45

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/027 (2006.01)i, G03F7/20 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H01L21/027, G03F7/20

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 0 9 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 0 9 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 0 9 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
A	JP 2004-056103 A (株式会社ニコン) 2004.02.19, 段落[0062]-[0080], 全図 & US 2004/0036977 A1 & EP 1367442 A2 & KR 10-2004-0012456 A & CN 1461973 A	1-45
A	JP 2002-158157 A (株式会社ニコン) 2002.05.31, 段落[0046]-[0054], 図 1-6 (ファミリーなし)	1-45
A	JP 2002-100561 A (株式会社ニコン) 2002.04.05, 段落[0065]-[0075], 図 1-8 & US 2003/0025890 A1	1-45

☒ 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

2 7 . 1 1 . 2 0 0 9

国際調査報告の発送日

0 8 . 1 2 . 2 0 0 9

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

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)

渡戸 正義

2 M

9 0 2 3

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 4

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	& US 2004/0239904 A1 & TW 546699 B & KR 10-2001-0085493 A & SG 124257 A & SG 107560 A JP 2001-135564 A (キヤノン株式会社) 2001.05.18, 段落[0015]-[0052], 図 1-9 (ファミリーなし)	1-45