

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6023451号
(P6023451)

(45) 発行日 平成28年11月9日(2016.11.9)

(24) 登録日 平成28年10月14日(2016.10.14)

(51) Int.Cl.

G03F 7/20 (2006.01)
G02B 5/00 (2006.01)

F 1

G03F 7/20
G02B 5/00501
A

請求項の数 13 (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2012-86851 (P2012-86851)
 (22) 出願日 平成24年4月5日 (2012.4.5)
 (65) 公開番号 特開2013-219117 (P2013-219117A)
 (43) 公開日 平成25年10月24日 (2013.10.24)
 審査請求日 平成27年3月31日 (2015.3.31)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康徳
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二
 (74) 代理人 100130409
 弁理士 下山 治
 (74) 代理人 100134175
 弁理士 永川 行光

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学系、露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

照明光学系であって、
 被照明面の照明範囲を規定する絞りと、
 前記絞りの開口を前記被照明面に結像する結像光学系と、
前記開口の大きさを A、前記被照明面の目標照明範囲の大きさを B、前記結像光学系の倍率をとしたとき、 $A = B \div +$ の関係で表されるオフセット量を取得する取得部と、
前記取得されたオフセット量に基づいて前記開口の大きさを調整する調整部と、
 を備え、

前記被照明面の目標照明範囲の大きさによって前記オフセット量が異なることを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】

前記絞りは、前記照明光学系の光軸方向に沿って互いに異なる位置に配置された第1ブレード及び第2ブレードを含み、

前記絞りは、前記第1ブレードによって前記光軸方向と直交する第1方向における大きさが規定され、前記第2ブレードによって前記光軸方向と直交する第2方向における大きさが規定される開口を構成し、

前記第1方向と前記第2方向は異なり、

前記取得部は、前記第1方向及び前記第2方向における前記被照明面の目標照明範囲の

データを用いて、前記第1方向及び前記第2方向における前記オフセット量を取得し、
前記調整部は、該取得されたオフセット量に基づいて前記第1方向及び前記第2方向における前記開口の大きさを調整することを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。

【請求項3】

前記絞りは、前記照明光学系の光軸方向に沿って移動可能なブレードを含み、前記絞りは、前記ブレードによって大きさが規定される開口を構成し、

前記取得部は、前記被照明面の目標照明範囲のデータ及び前記ブレードの前記光軸方向の位置のデータを用いて前記オフセット量を取得し、

前記被照明面の目標照明範囲の大きさ及び前記ブレードの前記光軸方向の位置によって前記オフセット量が異なることを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。 10

【請求項4】

前記開口の大きさを変化させながら前記被照明面の照明範囲を計測する計測部を有し、

前記取得部は、前記目標照明範囲と前記オフセット量との関係を表すデータを用いて前記オフセット量を取得し、

前記目標照明範囲と前記オフセット量との関係を表すデータは前記計測部による計測結果を用いて求められる、ことを特徴とする請求項1に記載の照明光学系。

【請求項5】

前記第1ブレードの前記第1方向における位置と前記第2ブレードの前記第2方向における位置とを変化させながら前記被照明面の照明範囲を計測する計測部を有し、

前記取得部は、前記第1方向及び前記第2方向における前記目標照明範囲と前記オフセット量との関係を表すデータを用いて前記オフセット量を取得し、 20

前記第1方向及び前記第2方向における前記目標照明範囲と前記オフセット量との関係を表すデータは、前記計測部による計測結果を用いて求められる、ことを特徴とする請求項2に記載の照明光学系。

【請求項6】

前記ブレードの前記光軸方向における第1位置と前記光軸方向と直交する方向における第2位置とを変化させながら前記被照明面の照明範囲を計測する計測部を有し、

前記取得部は、前記目標照明範囲と前記ブレードの前記光軸方向の位置と前記オフセット量との関係を表すデータを用いて前記オフセット量を取得し、

前記目標照明範囲と前記ブレードの前記光軸方向の位置と前記オフセット量との関係を表すデータは、前記計測部による計測結果を用いて求められる、ことを特徴とする請求項3に記載の照明光学系。 30

【請求項7】

前記計測部は、前記開口の大きさを変えながら前記被照明面又はそれと共に配置された基板を露光したときの露光結果に基づいて前記照明範囲を求める特徴とする請求項4に記載の照明光学系。

【請求項8】

前記計測部は、前記被照明面又はそれと共に配置された基板を露光したときの露光結果に基づいて前記照明範囲を求める特徴とする請求項4に記載の照明光学系。 40

【請求項9】

前記取得部は、前記目標照明範囲と前記オフセット量との関係を表すデータを用いて前記オフセット量を取得し、

前記目標照明範囲と前記オフセット量との関係を表すデータは、前記オフセット量を前記目標照明範囲の1次又は高次の関数で表すデータであることを特徴とする請求項1乃至請求項8のいずれか1項に記載の照明光学系。

【請求項10】

前記第1方向における前記開口の大きさと前記目標照明範囲とのオフセット量と、前記第2方向における前記開口の大きさと前記目標照明範囲とのオフセット量とが異なることを特徴とする請求項2に記載の照明光学系。 50

【請求項 1 1】

前記取得部は、前記目標照明範囲と前記オフセット量との関係を表すデータを用いて前記オフセット量を取得し、

前記取得部は、前記結像光学系の収差を用いて前記目標照明範囲と前記オフセット量との関係を表すデータを求めるることを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか1項に記載の照明光学系によって照明された原版のパターンを投影光学系により基板に投影し、前記基板を露光することを特徴とする露光装置。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、

前記工程で露光された基板を現像する工程と、
を含むことを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0 0 0 1】**

本発明は、照明光学系、露光装置及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】**【0 0 0 2】**

一般に、露光処理を行う際には、回路原版であるレチクルやマスクの不必要な範囲に光が当たらないように、照明光学系内に構成されている照野絞りでレチクルの照明範囲を制限する。しかし、照明範囲を制御して露光処理を行うと、照野絞りの像をレチクルに結像する光学系の収差によって照野絞りの像がぼける。そのため、遮光する近傍で露光量が低下する。そこで、目標とする照明範囲に対して、照野絞りを開方向にオフセットさせることにより、露光量の低下を防いでいる。特許文献 1 には、レチクルのパターン外周に遮光帯を設け、遮光帯幅の 1 / 2 だけ照野絞りを開方向に広げる技術が開示されている。

【先行技術文献】**【特許文献】****【0 0 0 3】**

【特許文献 1】特開 2 0 0 0 - 2 5 2 1 9 3 号公報

20

【発明の概要】**【発明が解決しようとする課題】****【0 0 0 4】**

従来の露光装置では、照明範囲に依らず一定のオフセット量だけ照野絞りを開方向に広げている。しかし、照野絞りの像をレチクルに結像する光学系の収差によって、照明範囲によってぼける量が異なったり結像位置がずれたりする。そのため、照野絞りの照明範囲を変化させて露光するとオフセット量が足らずに、所定の照明範囲に像のぼけが入り、露光量が低下するという問題がある。

【0 0 0 5】

そこで、本発明は、目標とする照明範囲内で露光量が低下しない照明光学系を提供することを目的とする。

30

【課題を解決するための手段】**【0 0 0 6】**

本発明の 1 つの側面は、照明光学系であって、被照明面の照明範囲を規定する絞りと、前記絞りの開口を前記被照明面に結像する結像光学系と、前記開口の大きさを A、前記被照明面の目標照明範囲の大きさを B、前記結像光学系の倍率を \times としたとき、 $A = B \div \times$ の関係で表されるオフセット量を取得する取得部と、前記取得されたオフセット量に基づいて前記開口の大きさを調整する調整部と、を備え、前記被照明面の目標照明範囲の大きさによって前記オフセット量が異なることを特徴とする。

【発明の効果】

40

50

【0007】

本発明によれば、目標とする照明範囲内で露光量が低下しない照明光学系を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0008】

【図1】第1実施形態の露光装置を示した図である。

【図2】照野絞りを示した図である。

【図3】本発明の課題を説明する図である。

【図4】本発明の効果を説明する図である。

【図5】第2実施形態の課題を説明する図である。

10

【図6】照明範囲と結像位置のずれ量との関係を示した図である。

【図7】第3実施形態の照明光学系を示した図である。

【図8】第5実施形態におけるオフセット量の求め方を示した図である。

【図9】第5実施形態におけるオフセット量の求め方を示した図である。

【発明を実施するための形態】

【0009】

以下に、本発明の好ましい実施形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【0010】

〔第1実施形態〕

図1は本発明の第1実施形態の露光装置の図である。光源101から出射した光は、整形部102を介してインテグレータ103に入射する。整形部102は、インテグレータ103に入射する光の形状や大きさを変化することができる。インテグレータ103は、被照明面の照度分布を均一にする機能を有する。インテグレータ103を出射した光は、コンデンサーレンズ104を介して照野絞り(絞り)105を照明する。照野絞り105は、レチクル107やウエハ(基板)109の被照明面の照明範囲を規定する。照野絞り105とレチクル107とはコンデンサーレンズ106によって結像関係にある。レチクル107には、回路原版などの露光パターンが形成されている。露光パターンは、投影光学系108によってウエハステージ(基板ステージ)110の上に搭載されたウエハ109の上に結像される。ウエハステージ110には、ウエハ面における照度を計測する照度センサ(計測部)111が設けられている。

20

【0011】

設定部112は、レチクル面もしくはウエハ面における照明範囲を設定する。コンピューターなどの演算部113は、設定部112により設定された照明範囲に対応する照野絞り105の開口の大きさを演算し、演算結果をパルスマーターなどの駆動部114に送る。駆動部114は、演算部113から送られてくる照野絞り105の開口の大きさとなるように、照野絞り105のブレードを駆動させる。演算部113と駆動部114とは、照野絞り105の開口の大きさを調整する調整部を構成している。

30

【0012】

図2は、照野絞り105の詳細を示す。照野絞り105は、駆動部114により独立して駆動される4枚のブレード201～204を有する。ブレード(第1ブレード)202, 204は、照明光学系の光軸方向(Z方向)と直交する第1方向(X方向)における照野絞り105の開口の大きさを規定する。ブレード(第2ブレード)201, 203は、照明光学系の光軸方向(Z方向)と直交する第2方向(Y方向)における照野絞り105の開口の大きさを規定する。照明範囲を矩形状に制限させるため、4枚のブレード201～204のすべてを同一平面上に配置することはできない。したがって、ブレード201, 203とブレード202, 204とは、光軸方向(Z方向)に沿って互いに異なる位置に配置されている。図2では、ブレード201, 203をレチクル側に配置し、ブレード202, 204を光源側に配置した状態を示しているが、ブレード201, 203を光源側に配置しても良い。

40

【0013】

50

図3を用いて、照野絞り105で遮光された近傍では露光量が低下することを説明する。照野絞り面とレチクル面またはその共役面とは、コンデンサーレンズ106で結像関係に結ばれている。コンデンサーレンズ106の収差によって、照野絞り105の像がぼける。そのため、レチクル107の面における照度分布は、図3に示されるように台形状になる。図3では、照明範囲と一致するように照野絞り105の開口の大きさが設定されている。つまり、コンデンサーレンズ106の結像倍率を \times とすると、照野絞り105の開口の大きさ(A) = 照明範囲(B) ÷ \times の関係にある。この場合、台形状の照度分布が傾斜する領域が照明範囲に入るため、照野絞り105で遮光された近傍では、照度が均一にならず露光量が低下してしまう。

【0014】

10

図4に、照野絞り105の開口の大きさを開方向にオフセットさせた状態の様子を示している。照野絞り105の位置をオフセットさせることで、台形状の照度分布が傾斜する領域の位置がオフセットし、目標照明範囲において照度分布を均一にすることができる。従来技術では、オフセット量は、照明範囲に依らず一定量であった。照野絞り105の開口の大きさを A 、照明範囲を B 、オフセット量を \times としたとき、 $A = B \div \times + \times$ であった。ただし、 \times は定数である。

【0015】

しかしながら、コンデンサーレンズ106の像面湾曲とディストーションのため、照野絞り105の像のぼけ量、および、像の結像位置は像高によって異なる。つまり、厳密には照明範囲によって最適なオフセット量 \times は変化するので、オフセット量 \times は照明範囲 B を変数とする関数 $\times(B)$ となる。 $\times(B)$ は、一般的に B の高次の式で表わされ、例えば3次項式で表わすと $\times(B) = a \times B^3 + b \times B^2 + c \times B + d$ となる。本実施形態では、あらかじめ演算部113に、照明範囲 B とオフセット量 \times との関係を示す係数 a 、 b 、 c 、 d の値を取得させておく。例えば、コンデンサーレンズ106の像面湾曲とディストーションなどの収差を用いて、照野絞り105の像のシミュレーションを行うことにより各係数を求める。演算部113は、この係数 $a \sim d$ と設定部112により設定された照明範囲 B とを用いて最適なオフセット量 \times を算出する。このため、被照明面の目標照明範囲を変えても、照野絞り105の開口の大きさを自動的にオフセットすることができ、露光量を低下させずに露光することが可能となる。第1実施形態では、駆動部114は、照明範囲 B とオフセット量 \times との関係と目標照明範囲とに基づいて開口の大きさを調整した。しかし、照明範囲 B とオフセット量 \times との関係に替えて開口の大きさと照明範囲との関係を使用することができる。

20

【0016】

30

〔第2実施形態〕

図5を用いて第2実施形態を説明する。コンデンサーレンズ106の物体側の光線はテレセントリックではない場合がある。つまり、照野絞り面の光線の主光線は垂直ではなく傾いている場合がある。また、図2で説明したように照野絞り105の各ブレード201～204を同一平面上に配置することができないため、X方向のブレード202とY方向のブレード201とは光軸方向(Z方向)の互いに異なる位置に配置される。そのため、図5に示すように、X方向のブレード202の結像位置503とY方向のブレード201の結像位置504との、目標とする結像位置505からのずれ量は、ディストーションの影響により一致しない。つまり、X方向のブレード502の最適なオフセット量 $\times_x(B)$ とY方向のブレード201の最適なオフセット量 $\times_y(B)$ とは異なる値になる。なお、図を簡略にするため、2枚のブレード201、202は同じ方向の開口として記載している。

40

【0017】

第2の実施形態では、X方向のブレード202の照明範囲とオフセット量との関係を示す係数と、Y方向のブレード201の照明範囲とオフセット量との関係を示す係数とを、それぞれ演算部113に記憶させておく。そうすると、演算部113は、設定部112により設定されたX方向の照明範囲とY方向の照明範囲から、X方向とY方向のそれぞれの

50

最適なオフセット量が算出することが可能となる。その結果、X方向のブレード202とY方向のブレード201が光軸方向にずれた位置に配置される照明光学系において良好な露光結果を得ることができる。

【0018】

図6は、照明範囲とコンデンサーレンズ106の収差による結像位置のずれ量との関係を示す。丸形のプロットは、照野絞り105がウエハ面またはその共役面と一致した位置に配置された場合の関係を示している。三角形のプロットと四角形のプロットは、ウエハ面またはその共役面からX方向のブレード及びY方向ブレードがそれぞれ異なる量だけずれて配置された場合の関係を示している。三角形のプロットは照野絞り106のX方向における関係を、四角形のプロットはY方向における関係を示している。本実施形態では、コンデンサーレンズ106の収差による結像位置のずれを補償するようにオフセット量を設定する。従って、図6の縦軸の符号を反転させた関係が、照明範囲とオフセット量との関係を示していることになる。

【0019】

図6には、結像位置のずれ量（すなわちオフセット量）を1次の式で線形近似した直線を示している。前述したように照明範囲とオフセット量との関係は高次の式で表現されるのが最も良い近似であるが、線形近似でも良い場合がある。従って、オフセット量を演算する処理を簡易にするために、線形近似で近似した式のオフセット量（B）の各項の係数パラメーターを記憶させても良い。つまり、 $(B) = a \times B + b$ で表現した場合の係数a、bの値を演算部113が記憶しておき、演算部113は、この係数a、bからオフセット量を算出しても良い。例えば、図6の線形近似した式で言うと、X方向のブレードに対しては a_x 、 b_x を用い、Y方向のブレードに対しては、 a_y 、 b_y を用いてオフセット量を計算する。

【0020】

〔第3実施形態〕

図7を用いて第3実施形態を説明する。第3実施形態では、照野絞り105が光軸方向に移動可能である。照野絞り105の光軸方向における位置（第1位置）を変化させることで、露光領域の照度分布を変化させることができる。面位置601は、ウエハ面またはそれに共役な被照明面107と結像関係にある。照野絞り105が面位置601に配置されたとき、被照明面107における照度分布は、ほぼ矩形状の照度分布603となる。一方、照野絞り105が面位置601から光軸方向にずれた位置602に配置されたとき、被照明面107における照度分布は、台形状の照度分布604となる。

【0021】

例えば、露光領域をつなぎ合わせて露光をする時は、台形状の照度分布604の傾斜する領域部分をつなぎあわせることで、露光量を一定にすることができる。そのため、図7に示される駆動部114は、照野絞り105の光軸と垂直方向のブレードの位置（第2位置）に加えて、ブレードの光軸方向の位置（第1位置）を変化させる。

【0022】

前述したように照野絞り105の光軸方向の位置によって、ディストーションによる位置ずれ量が異なるため、照野絞り105の最適なオフセット量は、光軸方向の位置に依つて異なる。光軸方向の位置をZとすると、オフセット量は、例えば、 $(B, Z) = a(Z) \times B^3 + b(Z) \times B^2 + c(Z) \times B + d(Z)$ で表現される。そこで、図7の照野絞り105のオフセット量を計算する演算部113は、照明範囲（B）だけでなく照野絞り105の光軸方向の位置（Z）によって最適なオフセット量を算出する。

【0023】

つまり、演算部113には、オフセット量と照明範囲との関係を規定する係数に加えて、オフセット量と照射絞り105の光軸方向の位置との関係を規定する係数をも記憶しておく。これによって、演算部113は、照明範囲と照射絞り105の光軸方向の位置に依つて最適なオフセット量を計算することができる。第3実施形態では、露光量を一定にするために照野絞り105を光軸方向に駆動させても、照野絞り105の最適なオフセット

10

20

30

40

50

量を計算し、駆動することができ、最適な条件で露光することが可能となる。

【0024】

[第4実施形態]

演算部113に記憶しておく係数は設計値から算出することができるが、光学系の公差や製造誤差を考慮して装置上で計測することもできる。演算部113に記憶しておく係数が設計値から算出される場合、演算部113は、開口の大きさを変化させたときのオフセット量（又は開口の大きさ）と照明範囲との関係を取得する取得部を構成する。本実施形態では、図8、図9を用いて装置上で係数を計測結果に基づいて求める様子を説明する。図8は、露光結果から係数を求める方法を示している。図8の(a)は照野絞り105の開口の様子を示しており、(b)はウエハ109上の露光結果を示している。図8(b)のハッチング領域はレジストが残っている領域で、その中の白色の領域はレジストが露光されて抜けている領域を示している。点線の領域は、図8(a)の照野絞り105の開口領域に対応したウエハ109上の領域を示している。点線領域の各辺とレジストが残っている位置との間の矢印で示される距離が結像位置のずれ量となる。照野絞り105を様々な開口領域に広げた状態で露光し、それぞれにおける矢印で示されるずれ量を測定すれば、図7のような604で示されるプロット図を作成することができる。プロットを近似式で近似すれば、(B)の各項の係数を算出することできる。

【0025】

図9は、照野絞り105の結像位置のずれ量を、露光処理を行うことなく、露光装置上で算出する方法を示している。図9の(a)は照野絞り105の開口の様子を示す。図9の(b)は、ウエハ面でのX方向の照度分布の断面を、(c)はウエハ面でのY方向の照度分布の断面を示している。図1で説明したように、露光装置のウエハステージ110には、ウエハ面の照度を計測する照度センサ111が設けられている。そのため、照度センサ111をステップさせながらウエハ面上の各位置で照度の計測を行えば、図9の(b)、(c)に示される照度の分布を計測することができる。図9の(b)、(c)で照度が100%になる位置と照野絞り105の開口に相当する位置との間の距離が、結像位置のずれ量となる。照野絞り105を様々な開口に広げた状態で照度を計測し、各開口の大きさでの結像位置のずれ量を測定すれば、図7のようなプロット図を作成することができる。プロットを近似式で近似すれば、(B)の各項の係数を算出することできる。

【0026】

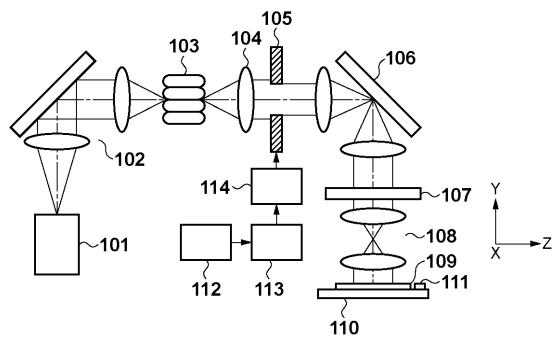
また、図7のプロット図が得られれば、任意の照明範囲に対してプロット図の近傍の照明範囲のオフセット量を例えば線形補間することでも、前記任意の照明範囲に対するオフセット量を算出することができる。

【0027】

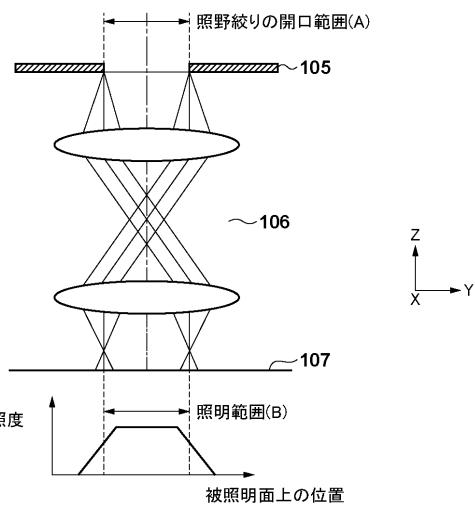
[デバイス製造方法]

次に、デバイス（半導体デバイス、液晶表示デバイス等）の製造方法について説明する。半導体デバイスは、ウエハに集積回路を作る前工程と、前工程で作られたウエハ上の集積回路チップを製品として完成させる後工程を経ることにより製造される。前工程は、前述の露光装置を使用して感光剤が塗布されたウエハを露光する工程と、ウエハを現像する工程を含む。後工程は、アッセンブリ工程（ダイシング、ポンディング）と、パッケージング工程（封入）を含む。液晶表示デバイスは、透明電極を形成する工程を経ることにより製造される。透明電極を形成する工程は、透明導電膜が蒸着されたガラス基板に感光剤を塗布する工程と、前述の露光装置を使用して感光剤が塗布されたガラス基板を露光する工程と、ガラス基板を現像する工程を含む。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。以上、本発明の好ましい実施形態について説明したが、本発明はこれらの実施形態に限定されず、その要旨の範囲内で種々の変形および変更が可能である。

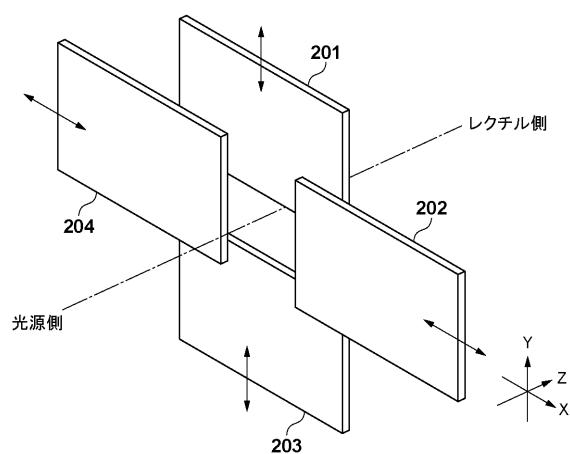
【図1】



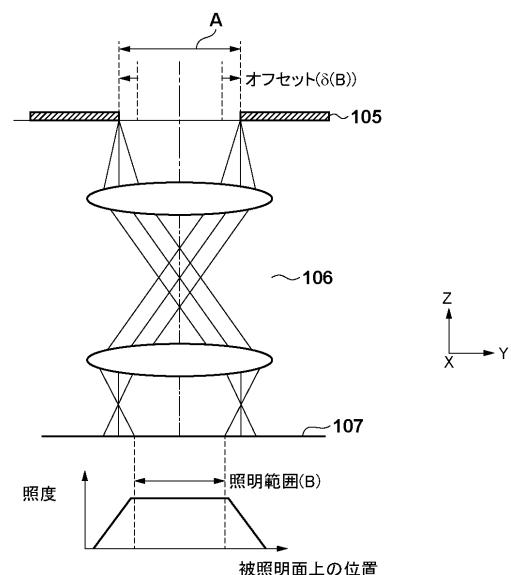
【図3】



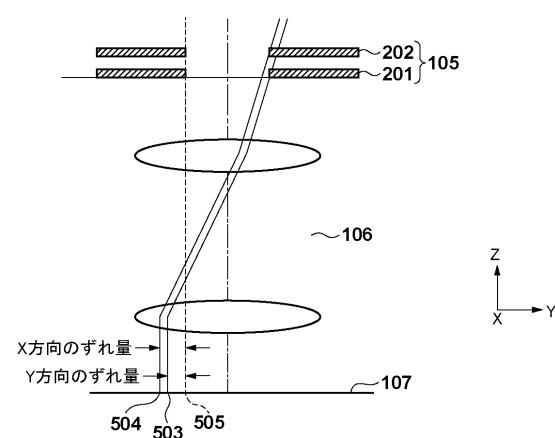
【図2】



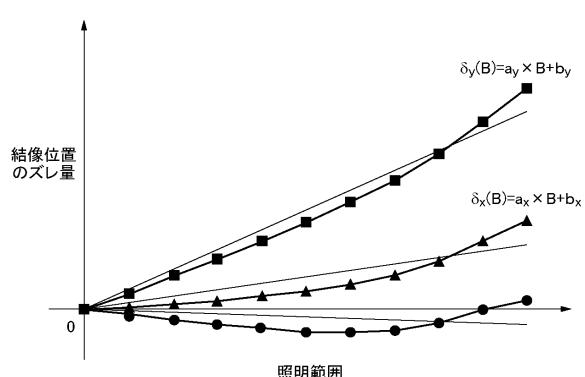
【図4】



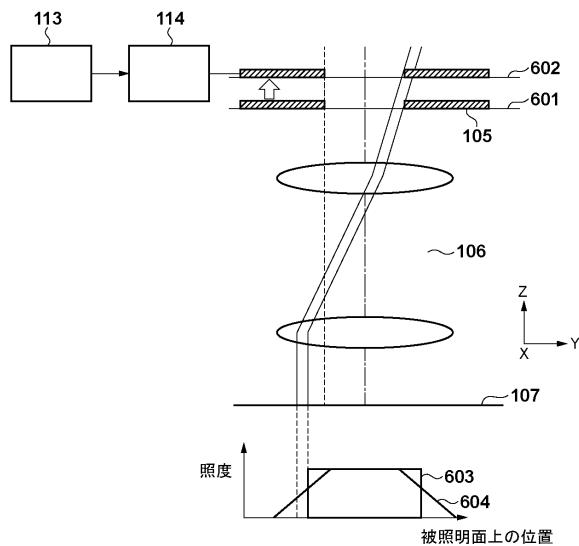
【図5】



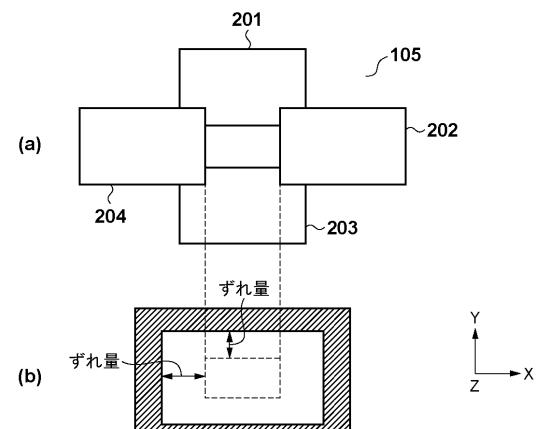
【図6】



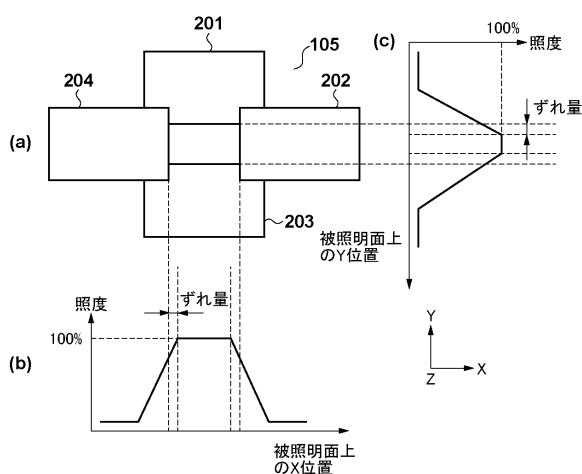
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(72)発明者 斎藤 順敬

東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社内

審査官 松岡 智也

(56)参考文献 特開平04-071217(JP,A)

特開平11-026379(JP,A)

特開平11-251219(JP,A)

特開2008-304834(JP,A)

特開2010-186761(JP,A)

国際公開第99/063585(WO,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20 - 7/24、9/00 - 9/02

H01L 21/027