

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7336922号
(P7336922)

(45)発行日 令和5年9月1日(2023.9.1)

(24)登録日 令和5年8月24日(2023.8.24)

(51)国際特許分類 F I
G 0 3 F 7/20 (2006.01) G 0 3 F 7/20 5 0 1
G 0 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 8 (全13頁)

| | | | |
|----------|-----------------------------|----------|--|
| (21)出願番号 | 特願2019-160666(P2019-160666) | (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 |
| (22)出願日 | 令和1年9月3日(2019.9.3) | (74)代理人 | 110003281 弁理士法人大塚国際特許事務所 |
| (65)公開番号 | 特開2021-39245(P2021-39245A) | (72)発明者 | 小林 大輔 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 |
| (43)公開日 | 令和3年3月11日(2021.3.11) | 審査官 | 植木 隆和 |
| 審査請求日 | 令和4年8月10日(2022.8.10) | | |

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 露光装置及び物品の製造方法

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

原版と基板とを走査方向に移動させながら前記基板を露光する露光装置であって、光源からの光で前記原版の被照明面を照明する照明光学系を有し、前記照明光学系は、前記被照明面の共役面から前記光源側に離れた位置に配置される第1遮光部と、前記共役面から前記被照明面側に離れた位置に配置される第2遮光部と、前記第1遮光部と前記第2遮光部との間に配置され、前記被照明面の照明範囲を画定するマスキング部と、
を含み、

前記照明光学系の光軸に沿った方向における前記共役面と前記第1遮光部との間の第1距離と、前記光軸に沿った方向における前記共役面と前記第2遮光部との間の第2距離との和は、5mm以上、且つ、20mm以下であり、

前記第1遮光部及び前記第2遮光部は、前記第1距離と前記第2距離とが異なるように配置されていることを特徴とする露光装置。

【請求項2】

前記第1距離及び前記第2距離のうち、一方の距離が他方の距離の2倍よりも大きく、且つ、4倍よりも小さいことを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】

原版と基板とを走査方向に移動させながら前記基板を露光する露光装置であって、

光源からの光で前記原版の被照明面を照明する照明光学系を有し、
 前記照明光学系は、
 前記被照明面の共役面から前記光源側に離れた位置に配置される第1遮光部と、
 前記共役面から前記被照明面側に離れた位置に配置される第2遮光部と、
 前記第1遮光部と前記第2遮光部との間に配置され、前記被照明面の照明範囲を画定する
 マスキング部と、
 を含み、
 前記照明光学系の光軸に沿った方向における前記共役面と前記第1遮光部との間の第1距離と、
 前記光軸に沿った方向における前記共役面と前記第2遮光部との間の第2距離との
 うち、一方の距離が他方の距離の2倍よりも大きく、且つ、4倍よりも小さいことを特徴
 とする露光装置。

10

【請求項4】

前記第1遮光部を前記光軸に沿った方向に移動させる第1移動部と、
 前記第2遮光部を前記光軸に沿った方向に移動させる第2移動部と、
 を更に有することを特徴とする請求項1乃至3のうちいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項5】

前記照明光学系が前記被照明面に形成する光角度分布を変更する変更部と、
 前記変更部によって変更された前記光角度分布に応じて、前記第1移動部及び前記第2移動部を用いて前記第1遮光部及び前記第2遮光部を移動させることを特徴とする請求項4
 に記載の露光装置。

20

【請求項6】

前記マスキング部は、前記共役面又は前記共役面の近傍に配置されていることを特徴とする請求項1乃至5のうちいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項7】

前記第1遮光部及び前記第2遮光部のそれぞれは、可変スリットを含むことを特徴とする請求項1乃至6のうちいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項8】

請求項1乃至7のうちいずれか1項に記載の露光装置を用いて基板を露光する工程と、
 露光した前記基板を現像する工程と、
 現像された前記基板から物品を製造する工程と、
 を有することを特徴とする物品の製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、露光装置及び物品の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

原版（レチクル又はマスク）を照明光学系で照明し、原版のパターンを投影光学系を介して基板（ウエハ）に投影する露光装置が従来から用いられている。露光装置には、半導体デバイスの微細化に伴い、高解像度を実現することが求められている。高解像度を実現するためには、露光光の短波長化、投影光学系の開口数（NA）の増加（高NA化）及び変形照明（輪帯照明、二重極照明、四重極照明など）が有効である。

40

【0003】

一方、近年のデバイス構造の多層化に伴い、露光装置には、重ね合わせ精度の向上も求められている。特許文献1には、露光装置の被照明面の共役面から光源側にデフォーカスした位置に配置された遮光部と、被照明面の共役面から被照明面側にデフォーカスした位置に配置された遮光部とを有する露光装置が開示されている。特許文献1に開示された露光装置は、重ね合わせ精度を向上させるのに有効である。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 4 】

【文献】特開 2 0 1 0 - 7 3 8 3 5 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 5 】

しかしながら、特許文献 1 に開示された露光装置では、遮光部による照度の低下とともに、積算有効光源の非対称性（X Y 非対称性）が発生してしまう。積算有効光源に大きな非対称性が発生すると、例えば、縦方向及び横方向に同一の線幅のラインアンドスペースパターンを基板に転写する場合に、縦方向のパターンと横方向のパターンとの間で線幅差が生じてしまう。

10

【 0 0 0 6 】

本発明は、このような従来技術の課題に鑑みてなされ、被照明面における照度の低下及び積算有効光源の非対称性の発生を抑制するのに有利な露光装置を提供することを例示的目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 7 】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての露光装置は、原版と基板とを走査方向に移動させながら前記基板を露光する露光装置であって、光源からの光で前記原版の被照明面を照明する照明光学系を有し、前記照明光学系は、前記被照明面の共役面から前記光源側に離れた位置に配置される第 1 遮光部と、前記共役面から前記被照明面側に離れた位置に配置される第 2 遮光部と、前記第 1 遮光部と前記第 2 遮光部との間に配置され、前記被照明面の照明範囲を画定するマスキング部と、を含み、前記照明光学系の光軸に沿った方向における前記共役面と前記第 1 遮光部との間の第 1 距離と、前記光軸に沿った方向における前記共役面と前記第 2 遮光部との間の第 2 距離との和は、5 mm 以上、且つ、2 0 mm 以下であり、前記第 1 遮光部及び前記第 2 遮光部は、前記第 1 距離と前記第 2 距離とが異なるように配置されていることを特徴とする。

20

【 0 0 0 8 】

本発明の更なる目的又はその他の側面は、以下、添付図面を参照して説明される実施形態によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

30

【 0 0 0 9 】

本発明によれば、例えば、被照明面における照度の低下及び積算有効光源の非対称性の発生を抑制するのに有利な露光装置を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 1 0 】

【図 1】本発明の一側面としての露光装置の構成を示す概略断面図である。

【図 2】第 1 遮光部、マスキングユニット及び第 2 遮光部の詳細を説明するための図である。

【図 3】積算有効光源を説明するための図である。

【図 4】第 1 遮光部及び第 2 遮光部の機能を説明するための図である。

40

【図 5】積算有効光源の X Y 非対称性を低減するための構成を説明するための図である。

【図 6】第 1 遮光部及び第 2 遮光部に関する具体的な数値例を説明するための図である。

【図 7】第 1 遮光部及び第 2 遮光部に関する具体的な数値例を説明するための図である。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 1 1 】

以下、添付図面を参照して実施形態を詳しく説明する。なお、以下の実施形態は特許請求の範囲に係る発明を限定するものではない。実施形態には複数の特徴が記載されているが、これらの複数の特徴の全てが発明に必須のものとは限らず、また、複数の特徴は任意に組み合わせられてもよい。更に、添付図面においては、同一もしくは同様の構成に同一の参照番号を付し、重複した説明は省略する。

50

【 0 0 1 2 】

図 1 は、本発明の一側面としての露光装置 1 0 0 の構成を示す概略断面図である。露光装置 1 0 0 は、原版 2 5 と基板 2 7 とを走査方向に移動させながら基板 2 7 を露光（走査露光）して、原版 2 5 のパターンを基板上に転写するステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（スキャナー）である。露光装置 1 0 0 は、光源 1 からの光で原版 2 5（レチクル又はマスク）を照明する照明光学系 1 1 0 と、原版 2 5 のパターンを基板 2 7（ウエハやガラスプレートなど）に投影する投影光学系 2 6 と、を有する。

【 0 0 1 3 】

光源 1 は、波長約 3 6 5 n m の水銀ランプや波長約 2 4 8 n m の K r F エキシマレーザ、波長約 1 9 3 n m の A r F エキシマレーザなどのエキシマレーザなどを含み、原版 2 5 を照明するための光束（露光光）を射出する。

10

【 0 0 1 4 】

照明光学系 1 1 0 は、引き回し光学系 2 と、射出角度保存光学素子 5 と、回折光学素子 6 と、コンデンサーレンズ 7 と、遮光部材 8 と、プリズムユニット 1 0 と、ズームレンズユニット 1 1 とを含む。また、照明光学系 1 1 0 は、オプティカルインテグレータ 1 2 と、絞り 1 3 と、コンデンサーレンズ 1 4 と、第 1 遮光部 1 8 と、第 2 遮光部 2 0 と、マスクングユニット 1 9 と、コンデンサーレンズ 2 1 と、コリメータレンズ 2 3 とを含む。

【 0 0 1 5 】

引き回し光学系 2 は、光源 1 と射出角度保存光学素子 5 との間に設けられ、光源 1 からの光束を射出角度保存光学素子 5 に導く。射出角度保存光学素子 5 は、回折光学素子 6 の光源側に設けられ、光源 1 からの光束を、その発散角度を一定に維持しながら回折光学素子 6 に導く。射出角度保存光学素子 5 は、フライアイレンズ、マイクロレンズアレイやファイバー束などのオプティカルインテグレータを含む。射出角度保存光学素子 5 は、光源 1 の出力変動が回折光学素子 6 によって形成される光強度分布（パターン分布）に及ぼす影響を低減する。

20

【 0 0 1 6 】

回折光学素子 6 は、照明光学系 1 1 0 の瞳面とフーリエ変換の関係にある面に配置されている。回折光学素子 6 は、投影光学系 2 6 の瞳面と共役な面である照明光学系 1 1 0 の瞳面や照明光学系 1 1 0 の瞳面と共役な面に、光源 1 からの光束の光強度分布を回折作用により変換して所望の光強度分布を形成する。回折光学素子 6 は、回折パターン面に所望の回折パターンが得られるように計算機で設計された計算機ホログラム（C G H : C o m p u t e r G e n e r a t e d H o l o g r a m）で構成されていてもよい。本実施形態では、投影光学系 2 6 の瞳面に形成される光源形状を有効光源形状と称する。なお、「有効光源」とは、被照明面及び被照明面の共役面における光角度分布を意味する。回折光学素子 6 は、射出角度保存光学素子 5 とコンデンサーレンズ 7 との間に設けられている。

30

【 0 0 1 7 】

照明光学系 1 1 0 には、複数の回折光学素子 6 が設けられていてもよい。例えば、複数の回折光学素子 6 のそれぞれはターレット（不図示）の複数のスロットに対応する 1 つに取り付けられている（搭載されている）。複数の回折光学素子 6 は、それぞれ、異なる有効光源形状を形成する。これらの有効光源形状は、小円形形状（比較的小さな円形形状）、大円形形状（比較的大きな円形形状）、輪帯形状、二重極形状、四重極形状、その他の形状を含む。輪帯形状、二重極形状又は四重極形状の有効光源形状で被照明面を照明する方法は、変形照明と呼ばれる。

40

【 0 0 1 8 】

射出角度保存光学素子 5 からの光束は、回折光学素子 6 で回折され、コンデンサーレンズ 7 に導かれる。コンデンサーレンズ 7 は、回折光学素子 6 とプリズムユニット 1 0 との間に設けられ、回折光学素子 6 で回折された光束を集光し、フーリエ変換面 9 に回折パターン（光強度分布）を形成する。

【 0 0 1 9 】

フーリエ変換面 9 は、オプティカルインテグレータ 1 2 と回折光学素子 6 との間にあり

50

、回折光学素子 6 と光学的にフーリエ変換の関係にある面である。照明光学系 110 の光路に配置される回折光学素子 6 を交換することで、フーリエ変換面 9 に形成される回折パターンの形状を変更することができる。

【0020】

遮光部材 8 は、照明光学系 110 の光軸 1b と垂直な方向に移動可能に構成され、フーリエ変換面 9 の上流側（光源側）に配置されている。遮光部材 8 は、フーリエ変換面 9 の位置からやや離れた（デフォーカスした）位置に配置されている。

【0021】

プリズムユニット 10 及びズームレンズユニット 11 は、フーリエ変換面 9 とオプティカルインテグレータ 12 との間に設けられ、フーリエ変換面 9 に形成された光強度分布を拡大するズーム光学系として機能する。プリズムユニット 10 は、フーリエ変換面 9 に形成された光強度分布を、輪帯率などを調整してズームレンズユニット 11 に導く。また、ズームレンズユニット 11 は、プリズムユニット 10 とオプティカルインテグレータ 12 との間に設けられている。ズームレンズユニット 11 は、例えば、複数のズームレンズを含み、フーリエ変換面 9 に形成された光強度分布を、照明光学系 110 の NA と投影光学系 26 の NA との比を基準とした値を調整してオプティカルインテグレータ 12 に導く。

10

【0022】

オプティカルインテグレータ 12 は、ズームレンズユニット 11 とコンデンサーレンズ 14 との間に設けられている。オプティカルインテグレータ 12 は、輪帯率、開口角及び

値が調整された光強度分布に応じて、多数の 2 次光源を形成してコンデンサーレンズ 14 に導く八エの目レンズを含む。但し、オプティカルインテグレータ 12 は、八エの目レンズに代えて、オプティカルパイプ、回折光学素子、マイクロレンズアレイなどの他の光学素子を含んでいてもよい。オプティカルインテグレータ 12 は、回折光学素子 6 を経た光束で被照明面 24 に配置された原版 25 を均一に照明する。オプティカルインテグレータ 12 とコンデンサーレンズ 14 との間には、絞り 13 が設けられている。

20

【0023】

コンデンサーレンズ 14 は、オプティカルインテグレータ 12 と原版 25 との間に設けられている。これにより、オプティカルインテグレータ 12 から導かれた多数の光束を集光して原版 25 を重畳的に照明することができる。光線をオプティカルインテグレータ 12 に入射してコンデンサーレンズ 14 で集光すると、コンデンサーレンズ 14 の焦平面である共役面 19a は、ほぼ矩形形状で照明される。

30

【0024】

コンデンサーレンズ 14 の後段には、ハーフミラー 15 が配置されている。ハーフミラー 15 で反射された露光光の一部は、光量測定光学系 16 に入射する。光量測定光学系 16 の後段には、光量を測定するセンサ 17 が配置されている。センサ 17 で測定された光量に基づいて、露光時の露光量が適切に制御される。

【0025】

第 1 遮光部 18 と第 2 遮光部 20 との間、具体的には、被照明面 24 と共役な面である共役面 19a 又は共役面 19a の近傍には、X ブレードと Y ブレードとを含むマスキングユニット（マスキング部）19 が配置され、ほぼ矩形形状の光強度分布で照明される。なお、共役面 19a の近傍とは、マスキングユニット 19 の X ブレードと Y ブレードとが互いに干渉しないようにするために必要となる距離だけ共役面 19a から離れること、例えば、共役面 19a から光軸方向に 0.2mm 程度離れることを意味する。マスキングユニット 19 は、原版 25（被照明面 24）の照明範囲を画定するために配置され、原版ステージ 29 及び基板ステージ 28 に同期して走査される。原版ステージ 29 は、原版 25 を保持して移動するステージであり、基板ステージ 28 は、基板 27 を保持して移動するステージである。

40

【0026】

マスキングユニット 19（被照明面 24 の共役面 19a）から離れた（デフォーカスした）位置に、2 つの遮光部、本実施形態では、第 1 遮光部 18 及び第 2 遮光部 20 が設け

50

られている。第1遮光部18は、被照明面24の共役面19aから光源側に離れた位置に配置されている。第2遮光部20は、被照明面24の共役面19aから被照明面側に離れた位置に配置されている。

【0027】

コンデンサーレンズ21からの光束に対して所定の傾きを有するミラー22で反射された光は、コリメータレンズ23を介して、原版25を照明する。

【0028】

投影光学系26は、原版25のパターンを基板27に投影する。原版25のパターンの解像性は、有効光源形状に依存している。従って、照明光学系110において適切な有効光源分布を形成することで、原版25のパターンの解像性を向上させることができる。

10

【0029】

図2を参照して、第1遮光部18、マスキングユニット19及び第2遮光部20の詳細を説明する。図2において、y方向は、走査方向を示している。マスキングユニット19は、走査露光中に移動するスキャンマスキングブレード19d及び19eを含む。

【0030】

第1遮光部18は、図2に示すように、第1遮光部材18a及び第2遮光部材18bを含む。第1遮光部材18aの第2遮光部材側の端部18aA及び第2遮光部材18bの第1遮光部材側の端部18bAは、光線有効領域内に位置し、光線の一部を遮光することで被照明面24に到達する光の強度を調整する。例えば、第1遮光部材18aには、アクチュエータ（不図示）が連結されている。かかるアクチュエータによって第1遮光部材18aを走査方向（y方向）に沿って移動させることで、第1遮光部材18aの端部18aAと第2遮光部材18bの端部18bAとによって規定される開口幅を変更することができる。このように、第1遮光部18は、可変スリットを構成する。また、本実施形態では、第1遮光部18に対して、第1遮光部材18a及び第2遮光部材18bを照明光学系110の光軸1bに沿った方向に移動させる第1移動部FMUが設けられている。

20

【0031】

第2遮光部20は、図2に示すように、第3遮光部材20a及び第4遮光部材20bを含む。第3遮光部材20aの第4遮光部材側の端部20aA及び第4遮光部材20bの第3遮光部材側の端部20bAは、光線有効領域内に位置し、光線の一部を遮光することで被照明面24に到達する光の強度を調整する。第3遮光部材20aには、アクチュエータ（不図示）が連結されている。かかるアクチュエータによって第3遮光部材20aを走査方向（y方向）に沿って移動させることで、第3遮光部材20aの端部20aAと第4遮光部材20bの端部20bAとによって規定される開口幅を変更することができる。このように、第2遮光部20は、可変スリットを構成する。また、本実施形態では、第2遮光部20に対して、第3遮光部材20a及び第4遮光部材20bを照明光学系110の光軸1bに沿った方向に移動させる第2移動部SMUが設けられている。

30

【0032】

図2に示すように、光軸1bを含んで走査方向と平行な平面内において、光軸1bに沿った方向における共役面19aと第1遮光部材18aの端部18aAとの間の第1距離をd1とする。また、光軸1bを含んで走査方向と平行な平面内において、光軸1bに沿った方向における共役面19aと第3遮光部材20aの端部20aAとの間の第2距離をd2とする。この場合、第1距離d1と第2距離d2とは異なる値である。また、共役面19aと第2遮光部材18bの端部18bAとの間の距離は第1距離d1と等しく、共役面19aと第4遮光部材20bの端部20bAとの間の距離は第2距離d2と等しい。このように、第1遮光部18及び第2遮光部20は、第1距離d1と第2距離d2とが異なるように配置されている。

40

【0033】

また、図2に示すように、光軸1bを含んで走査方向と平行な平面内において、第1遮光部材18aの端部18aAと第2遮光部材18bの端部18bAとの中点を18cとする。同様に、第3遮光部材20aの端部20aAと第4遮光部材20bの端部20bAと

50

の中点を20cとする。中点18cから第1遮光部材18aの端部18aA及び第2遮光部材18bの端部18bAまでの距離をS1とし、中点20cから第3遮光部材20aの端部20aA及び第4遮光部材20bの端部20bAまでの距離をS2とする。この場合、距離S1と距離S2とは異なる値である。なお、中点18cと中点20cとを結ぶ直線は、光軸1bと平行である。

【0034】

図3(a)及び図3(b)を参照して、積算有効光源について説明する。図3(a)及び図3(b)において、y方向は、走査方向を示している。図3(a)は、被照明面24の照明領域24eを示し、図3(b)は、被照明面24と共役関係にある共役面19a(マスキングユニット19)の照明領域19bを示している。

10

【0035】

露光において、照明領域24eが走査される。このとき、露光面上のある点を照明する入射角度分布は、照明領域24eにおける走査方向(y方向)に平行な直線24fの各点を照明する入射角度分布を積算したものであり、これを積算有効光源と称する。直線19cは共役面19aにおいて直線24eの各点と共役な点の集合であるため、積算有効光源は、直線19cの各点を通過する光束により被照明面24を照明する入射角度分布を積算したものと等価である。

【0036】

図4(a)、図4(b)及び図4(c)を参照して、第1遮光部18及び第2遮光部20の機能について説明する。図4(a)、図4(b)及び図4(c)において、y方向は、走査方向を示している。図4(a)は、オプティカルインテグレータ12、コンデンサーレンズ14、第1遮光部18及び第2遮光部20の近傍の拡大図である。図4(a)には、オプティカルインテグレータ12を射出し、コンデンサーレンズ14を介して、共役面19aの点A、B及びCを通過する光線が示されている。ここで、点A、B及びCは、図3(b)に示す直線19上の点である。図4(b)は、被照明面24の点A'、B'及びC'のそれぞれにおける有効光源24a、24b及び24cを示す図である。点A'、B'及びC'のそれぞれは、被照明面24の共役面19aの点A、B及びCと共役関係にある。図4(c)は、被照明面24の点A'、B'及びC'を含む直線上を通過する全ての光線を積算した積算有効光源24dを示す図である。

20

【0037】

なお、本実施形態では、発明の理解を容易にするために、有効光源がコンベンショナル照明と呼ばれる円形形状である場合を例に説明するが、プリズムユニット10や回折光学素子6の組み合わせによっては輪帯や多重極などの形状となる。本発明は、回折光学素子6やプリズムユニット10などにより形成される有効光源の形状によって限定されるものではない。

30

【0038】

図4(a)を参照するに、オプティカルインテグレータ12から光軸1bと平行に射出され、コンデンサーレンズ14を介して、共役面19aの点Aに向かう光線12aは、第1遮光部18及び第2遮光部20によって遮光されない。従って、被照明面24の点A'における有効光源24aは、図4(b)に示すように、ほぼ円形となり、走査方向にほぼ対称である。

40

【0039】

一方、オプティカルインテグレータ12から光軸1bより第1遮光部材側に傾いて射出され、コンデンサーレンズ14を介して、共役面19aの点Bに向かう光線12bは、その一部が第1遮光部材18a及び第3遮光部材20aによって遮光される。従って、被照明面24の点B'における有効光源24bは、円形に対して走査方向の両端が欠けた形状となり、x方向(y方向と直交する方向)の分布とy方向の分布との間で非対称性(XY非対称性)を有する。

【0040】

また、オプティカルインテグレータ12から光軸1bより第2遮光部材側に傾いて射出

50

され、コンデンサーレンズ14を介して、共役面19aの点Cに向かう光線12cは、その一部が第2遮光部材18b及び第4遮光部材20bによって遮光される。従って、被照明面24の点C'における有効光源24cは、円形に対して走査方向の両端が欠けた形状となり、x方向(y方向と直交する方向)の分布とy方向の分布との間で非対称性(XY非対称性)を有する。

【0041】

このようにして、点A、B及びCを含む直線上を通過する全ての光束を積算した積算有効光源24dを考えると、積算有効光源24dは、図4(c)に示すように、XY非対称性を有する。

【0042】

図5(a)及び図5(b)を参照して、積算有効光源24dのXY非対称性を低減するための構成について説明する。図5(a)は、最大角度 θ_0 で共役面19aを照明する光束によって形成される被照明面24を照明する照明分布24ee(照明領域24ee)を示す図である。コンデンサーレンズ21及びコリメータレンズ23によって、共役面19aの分布は、結像倍率 M で被照明面24に結像する。

【0043】

共役面19aを照明する光束の最大入射角度を θ_0 とする。第1遮光部材18aの端部18aAを通る角度 θ_0 の光線と、第3遮光部材20aの端部20aAを通る角度 $-\theta_0$ の光線とが共役面19aの点19aaで一点に交わるように、第1距離 S_1 及び第2距離 S_2 を決定する。なお、上述したように、第1距離 S_1 は、中点18cから第1遮光部材18aの端部18aAまでの距離であり、第2距離 S_2 は、中点20cから第3遮光部材20aの端部20aAまでの距離である。第1遮光部材18aの端部18aAと第3遮光部材20aの端部20aAとを結ぶ直線が共役面19aと交差する点を19bbとし、点19bbと点19ccとの間の距離を S とする。共役面19aの点19aa、19bb及び19ccのそれぞれに対応する被照明面24の点を24g、24h及び24iとする。

【0044】

被照明面24において、点24gよりも内側の領域を照明する光線は、第1遮光部材18a及び第3遮光部材20aによって遮光されないため、その強度が一定となる。また、被照明面24において、点24hよりも外側の領域を照明する光線は、第1遮光部材18a及び第3遮光部材20aによって遮光されるため、その強度がゼロとなる。照明分布24eeの他方の端は、第2遮光部材18b及び第4遮光部材20bによって遮光され、同様の形状となる。従って、照明分布24eeは、台形に近い形状となる。かかる台形の下底及び上底のそれぞれを w_0 及び w_{100} とする。

【0045】

被照明面24の点24iと点24gとの間の点を照明する有効光源は、上述した点A'における有効光源と同様に、ほぼ円形である。被照明面24の点24gと点24hとの間の点を照明する有効光源は、上述した点B'における有効光源と同様に、大きなXY非対称性を有する。また、被照明面24の点24gと点24hとの間の点では、第1遮光部18及び第2遮光部20の両方で遮光されるため、照度の低下が発生する。従って、 w_0 に対する w_{100} の比を大きくし、点24gと点24hとの間の距離を小さくすることで、照度の低下及び積算有効光源24dのXY非対称性の発生を抑制することができる。

【0046】

照明分布24eeの下底 w_0 は、 $w_0 = 2 S \tan \theta_0$ と表される。一方、照明分布24eeの上底 w_{100} は、 $w_{100} = 2 (S_1 - d_1 \tan \theta_0) = 2 (S_2 - d_2 \tan \theta_0)$ と表される。従って、下底 w_0 に対する上底 w_{100} の比 w_{100} / w_0 は、 $w_{100} / w_0 = (S_1 - d_1 \tan \theta_0) / S = (S_2 - d_2 \tan \theta_0) / S$ と表される。

【0047】

共役面19aの点19aa及び19bbは、第1遮光部材18aの端部18aAを通る直線が共役面19aと交わる点で表される。従って、 $d_1 < d_2$ である場合には、 w_{100}

10

20

30

40

50

$0/w_0$ は、 d_1 を小さくするほど 1 に近づき、 $d_1 = 0$ のときに 1 となる。また、 $d_1 > d_2$ である場合には、 w_{100}/w_0 は、 d_2 を小さくするほど 1 に近づき、 $d_2 = 0$ のときに 1 となる。

【0048】

上述したように、第 1 遮光部 18 と第 2 遮光部 20 との間には、スキャンマスクングブレード 19d 及び 19e が配置されている。スキャンマスクングブレード 19d 及び 19e は、走査露光中に移動するため、ある程度のスペースを必要とする。従って、光軸 1b に沿った方向における第 1 遮光部 18 と第 2 遮光部 20 との間の距離は、所定値 D よりも小さくすることはできない。所定値 D は、第 1 遮光部 18 と共役面 19a との間の第 1 距離 d_1 及び第 2 遮光部 20 と共役面 19a との間の第 2 距離 d_2 を用いて、 $D = d_1 + d_2$ と表される。一般的に、所定値 D は、5 mm 以上、且つ、20 mm 以下である。

10

【0049】

図 5 (b) は、第 1 距離 d_1 と第 2 距離 d_2 とが等しい場合に、最大角度 θ で共役面 19a を照明する光束によって形成される被照明面 24 を照明する照明分布 24e を示す図である。D = $d_1 + d_2$ という条件があるため、図 5 (a) に示す第 1 距離 d_1 よりも図 5 (b) に示す第 1 距離 d_1 が大きくなる。従って、 w_{100}/w_0 は、図 5 (b) に示すように、小さくなる。

【0050】

以下では、第 1 遮光部 18 及び第 2 遮光部 20 に関する具体的な数値例について説明する。D = 8 [mm]、S = 5 [mm]、 $\theta = 0.4$ [rad] として、 w_{100}/w_0 と d_1/d_2 との関係を図 6 に示す。図 6 では、縦軸は w_{100}/w_0 を示し、横軸は d_1/d_2 を示している。図 6 に示すように、 w_{100}/w_0 と d_1/d_2 との関係は、2 次式で表され、 $d_1 = d_2$ で最小となる。

20

【0051】

積算有効光源 24d が XY 非対称性を有する場合、かかる XY 非対称性を補正することで照度が低下する。このような照度の低下を低減するためには、XY 非対称性を 15% 以下にする必要があるとすれば、 w_{100}/w_0 を 0.7 以上とすることが好ましい。図 6 を参照するに、 w_{100}/w_0 を 0.7 以上とするために、 $d_2/d_1 > 2$ 又は $d_2/d_1 < 1/2$ が必要であることがわかる。

【0052】

次に、図 7 を参照して、 d_2/d_1 の最大値及び最小値の条件を説明する。照明分布 24e の傾斜部分に相当する図 4 (b) に示す点 C' 及び B' は、走査方向に光線重心シフト (重心光線のずれ) を有する。光線重心シフトは、重ね合わせ精度に影響するため、好ましくないが、 d_1 と d_2 との比によって光線重心シフトを制御することができる。

30

【0053】

図 7 は、コンベンショナル照明を想定し、従来構成、具体的には、被照明面の共役面の上方側だけに遮光部が配置されている構成の光線重心シフトを 1 として、本実施形態における光線重心シフトを示したものである。図 7 では、縦軸は光線重心シフトを示し、横軸は d_1/d_2 を示している。図 7 を参照するに、光線重心シフトは、 $d_1/d_2 = 1$ で最小値、具体的には、0 となる。これは、光線重心シフトが起こらないことを意味している。重ね合わせ精度を向上させるために、光線重心シフトは、被照明面の共役面の上方側だけに遮光部が配置されている従来構成の半分以下にすることが好ましい。図 7 を参照するに、光線重心シフトを従来構成の半分以下にするために、 $1/4 < d_2/d_1 < 4$ が必要であることがわかる。

40

【0054】

従って、共役面 19a から第 1 遮光部 18 までの第 1 距離 d_1 及び共役面 19a から第 2 遮光部 20 までの第 2 距離 d_2 が満たすべき条件は、 $d_1 = d_2$ であり、より好ましくは、 $1/4 < d_2/d_1 < 1/2$ 又は $2 < d_2/d_1 < 4$ となる。このように、第 1 距離 d_1 及び第 2 距離 d_2 のうち、一方の距離が他方の距離の 2 倍よりも大きく、且つ、4 倍よりも小さいことが好ましい。

50

【 0 0 5 5 】

また、本実施形態では、上述したように、第1遮光部材18aを走査方向に沿って移動させるアクチュエータや第1遮光部18（第1遮光部材18a及び第2遮光部材18b）を光軸1bに沿った方向に移動させる第1移動部FMUが設けられている。同様に、第3遮光部材20aを走査方向に沿って移動させるアクチュエータや第2遮光部20（第3遮光部材20a及び第4遮光部材20b）を光軸1bに沿った方向に移動させる第2移動部SMUが設けられている。このような駆動機構を有することにより、照明モードによって最適なd1、d2、S1及びS2を設定することが可能となり、光線重心シフト、照度の低下、有効光源におけるXY非対称性を更に低減（抑制）することができる。

【 0 0 5 6 】

本発明の実施形態における物品の製造方法は、例えば、フラットパネルディスプレイ、液晶表示素子、半導体素子、MEMSなどの物品を製造するのに好適である。かかる製造方法は、上述した露光装置100を用いて感光剤が塗布された基板を露光する工程と、露光された感光剤を現像する工程とを含む。また、現像された感光剤のパターンをマスクとして基板に対してエッチング工程やイオン注入工程などを行い、基板上に回路パターンが形成される。これらの露光、現像、エッチングなどの工程を繰り返して、基板上に複数の層からなる回路パターンを形成する。後工程で、回路パターンが形成された基板に対してダイシング（加工）を行い、チップのマウンティング、ボンディング、検査工程を行う。また、かかる製造方法は、他の周知の工程（酸化、成膜、蒸着、ドーピング、平坦化、レジスト剥離など）を含みうる。本実施形態における物品の製造方法は、従来に比べて、物品の性能、品質、生産性及び生産コストの少なくとも1つにおいて有利である。

【 0 0 5 7 】

発明は上記実施形態に制限されるものではなく、発明の精神及び範囲から離脱することなく、様々な変更及び変形が可能である。従って、発明の範囲を公にするために請求項を添付する。

【 符号の説明 】

【 0 0 5 8 】

100：露光装置 110：照明光学系 18：第1遮光部 19：マスクングユニット
19a：共役面 20：第2遮光部 24：被照明面 25：原版 27：基板

10

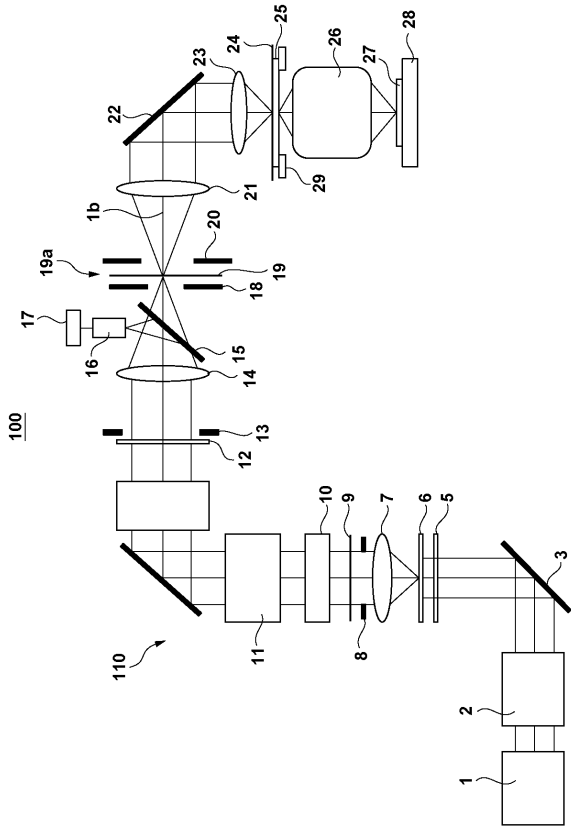
20

30

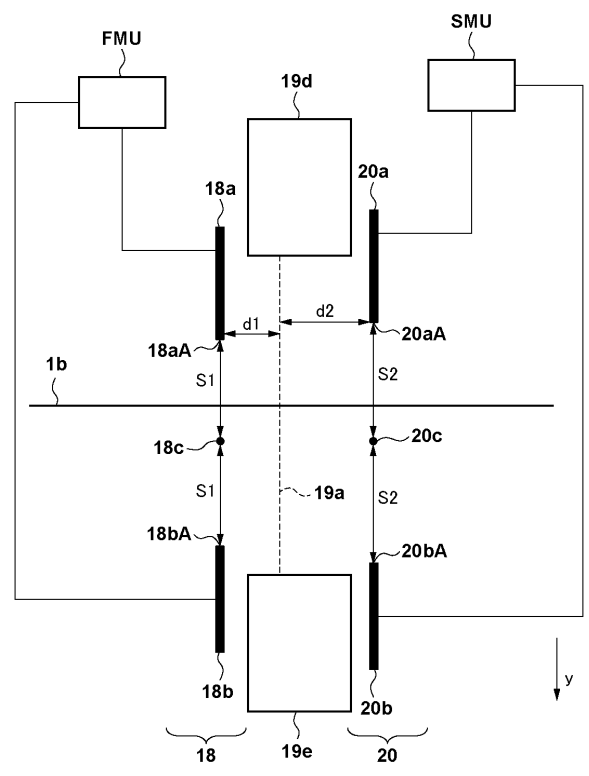
40

50

【図面】
【図 1】



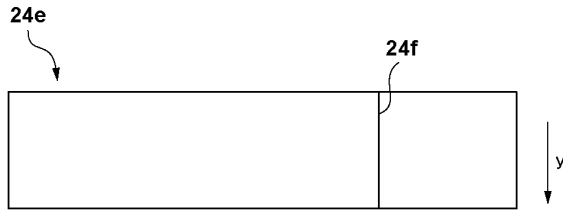
【図 2】



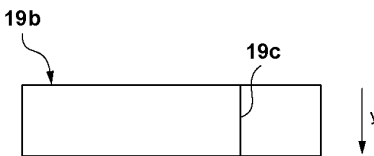
10

20

【図 3】

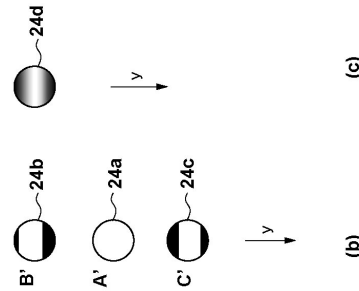


(a)

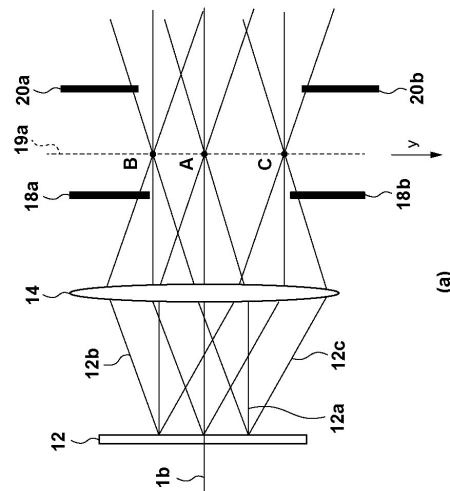


(b)

【図 4】



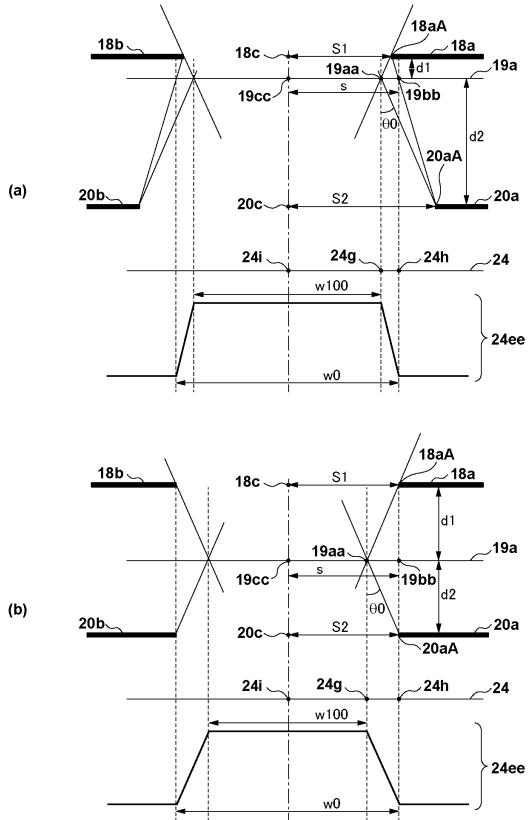
30



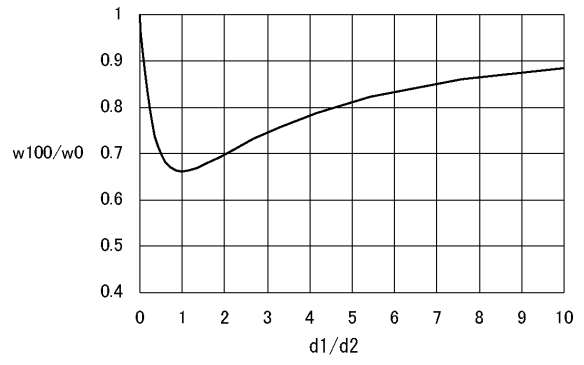
40

50

【 図 5 】

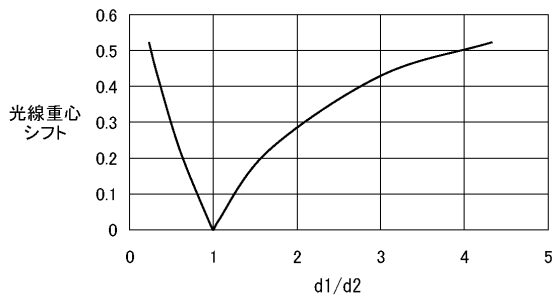


【 図 6 】



10

【 図 7 】



30

40

50

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開 2004 - 319770 (JP, A)
特開 2010 - 073835 (JP, A)
特開 2011 - 155040 (JP, A)
国際公開第 2011 / 010560 (WO, A1)
特開 2017 - 215487 (JP, A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
H01L 21 / 027
G03F 7 / 20