

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-310942

(P2005-310942A)

(43) 公開日 平成17年11月4日(2005.11.4)

(51) Int.Cl.⁷

H01L 21/027

G02B 19/00

G03F 7/20

F I

H01L 21/30

G02B 19/00

G03F 7/20

515D

521

テーマコード (参考)

2H052

5F046

審査請求 未請求 請求項の数 12 O L (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-123870 (P2004-123870)

(22) 出願日 平成16年4月20日 (2004.4.20)

(71) 出願人 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 100090538

弁理士 西山 恵三

(74) 代理人 100096965

弁理士 内尾 裕一

(72) 発明者 篠田 健一郎

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

Fターム(参考) 2H052 BA02 BA07 BA09 BA12

5F046 BA05 CA08 CB12 CB13 CB23

CB25 DA13

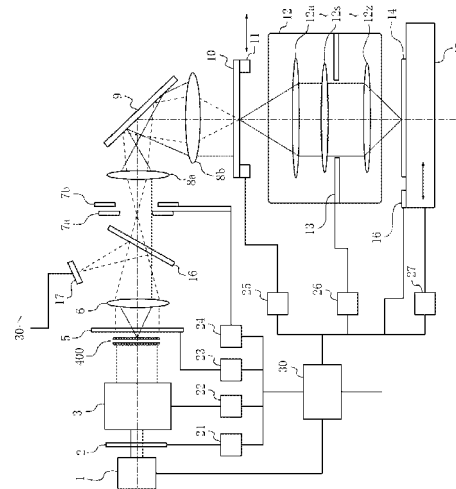
(54) 【発明の名称】 露光装置、露光方法、及びそれを用いたデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 投影系の瞳面は、より大口径に対応しつつも、エネルギー密度を抑え、且つ色収差も良好に補正された露光システムを構築すること。

【解決手段】 光源からの光で原板を照明する照明光学系と、前記原板のパターンを基板に投影する投影光学系とを備え、前記原板と前記基板を相対的に走査させて露光を行う投影露光装置において、前記照明光学系は、前記光源からの光を用いて2次光源を形成するオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光を前記原板に導光するコンデンサー光学系とを備え、前記投影光学系は、瞳面近傍に石英部材を用いていることを特徴とする構成とした。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源からの光で原板を照明する照明光学系と、前記原板のパターンを基板に投影する投影光学系とを備え、前記原板と前記基板を相対的に走査させて露光を行う投影露光装置であって、

前記照明光学系は、前記光源からの光を用いて 2 次光源を形成するオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光を前記原板に導光するコンデンサー光学系とを備え

前記投影光学系は、瞳面近傍に石英部材を用いていることを特徴とする投影露光装置。

【請求項 2】

該オプティカルインテグレータは、微小アレイが集合している 2 枚のシート状で構成されていることを特徴とする請求項 1 記載の投影露光装置。

【請求項 3】

該オプティカルインテグレータは波面分割するタイプで、その分割数は、該投影光学系瞳面において、前記走査方向に N 分割、前記走査方向と直交する方向に M 分割としたとき、

$$100 \leq M \leq 300 \text{ 且つ } M \leq N$$

を満たすことを特徴とする請求項 1 又は 2 記載の投影露光装置。

【請求項 4】

該原板の透過率を計測する手段と、該基板上の照度を計測する手段と、照度を調整する手段とを更に有し、該基板上の照度と該瞳面近傍のエネルギー密度の計算結果から、該照度調整手段を最適に制御することを特徴とする請求項 1 記載の投影露光装置。

【請求項 5】

照明条件や該原板を切り替えた場合にも、該瞳面近傍の石英部材におけるエネルギー密度が、所望の値以下を満たしつつ、該基板の照度が高くなるように該照度調整手段を制御することを特徴とする請求項 1 又は 4 記載の投影露光装置。

【請求項 6】

該オプティカルインテグレータを構成する微小アレイの開口形状は、該基板における照射領域と略相似形であることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の投影露光装置。

【請求項 7】

該オプティカルインテグレータを構成する 2 枚のシートそれぞれの入射面と射出面は、何れか一方が平面であることを特徴とする請求項 6 記載の投影露光装置。

【請求項 8】

該オプティカルインテグレータを構成する微小アレイはシリンドリカルで構成されることを特徴とする請求項 1 ~ 3 のいずれか一項記載の投影露光装置。

【請求項 9】

該オプティカルインテグレータを構成する 2 枚のシートそれぞれの入射面と射出面は、何れか一方が該照射領域の短径方向に対応し、もう一方が長径方向に対応する曲率を有することを特徴とする請求項 8 記載の投影露光装置。

【請求項 10】

該オプティカルインテグレータを構成する 2 枚のシートにおいて、長径方向に対応する曲率を有するシリンドリカル面を最終面に配置することを特徴とする請求項 7 又は 8 記載の投影露光装置。

【請求項 11】

前記光源からの光の波長は、180 ~ 200 nmであることを特徴とする請求項 1 から 10 のいずれか一項記載の投影露光装置。

【請求項 12】

請求項 1 から 11 のいずれか一項記載の投影露光装置及び露光方法を使用して物体面上のパターンを投影光学系により露光基板上に投影露光した後、該露光基板を現像処理して

10

20

30

40

50

デバイスを製造することを特徴とするデバイスの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【 0 0 0 1 】

本発明は例えば半導体素子、液晶素子、薄膜磁気ヘッド等の各種デバイスを製造するためのリソグラフィ工程でフォトリソグラフィマスクやレジスト等の原板（本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する）上の回路パターンを感光剤を塗布したウェハ等の基板上に投影転写するための露光装置、この装置を用いた露光方法、及びデバイスを製造する際に好適なものである。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

フォトリソグラフィ技術を用いてデバイスを製造する際に、レチクルに描画されたパターンを投影光学系によって基板（以後ウェハと呼ぶ）に投影してパターンを転写する投影露光装置が従来から使用されている。

【 0 0 0 3 】

投影露光装置は一般に、光源から射出された光束を利用してレチクルを照明する照明光学系と、レチクルとウェハとの間に配置される投影光学系とを有する。照明光学系においては、典型的に、均一な照明領域を得るために光源からの光束をハエの目レンズなどのオプティカルインテグレータに導入し、オプティカルインテグレータ射出面を2次光源面としてコンデンサーレンズでレチクル面（もしくはそれと共役な面）をケーラー照明する。

【 0 0 0 4 】

高品位な露光を行うためには、レチクルパターンに応じて最適な有効光源を形成する必要がある。有効光源とは、ウェハ面に入射する露光光束の角度分布を意味し、例えばハエ目レンズの射出面（即ち、２次光源面）近傍の強度分布を所望の形状（通常照明条件、輪帯照明条件、四重極照明条件、二重極照明条件）に調整することで実現している。

【 0 0 0 5 】

さて、投影露光装置の解像度 R は、光源の波長 λ 、投影光学系の開口数 (NA)、現像プロセスなどによって定まる定数 k_1 を用いて次式で与えられる。

$$R = k_1 \quad (\quad / \text{ N A })$$

【 0 0 0 6 】

近年のデバイスの高集積化に対応して、転写されるパターンの微細化、即ち、高解像度化が益々要求されている。高解像力を得るには、上式から波長 λ を小さくすること、及び、開口数 NA を大きくすることが有効である。

【 0 0 0 7 】

このため、露光装置に使用される露光光の波長はi線(365nm)からKrFエキシマレーザ(248nm)、ArFエキシマレーザ(193nm)へと移行してきている。一方、NAは0.70から0.75、0.85へと拡大の一途をたどってきており、様々な露光装置が提案されている(例えば、特許文献1~4参照。)。

【 0 0 0 8 】

図 12 にステップアンドスキャン方式の従来例を示す。1 は光源で、例えば Ar F エキシマレーザ (193 nm) などである。

【 0 0 0 9 】

2は減光部材（ND）で、例えば透過率の異なる複数のNDが構成されている。そして、ウェハ14面上で最適な露光量となるようにND駆動手段21により組み合わせられ、細かい減光率の調整が可能となっている。

【 0 0 1 0 】

3はビーム成形光学系で、複数の光学素子やズームレンズから構成されている。ビーム成形光学系3はレンズ系駆動手段22により駆動することで、後段のオプティカルインテグレート4に入射する光束の強度分布及び角度分布を所望の分布にコントロールしている。

【 0 0 1 1 】

オプティカルインテグレータ 4 は複数の微小レンズを 2 次元的に配置した構成からなり、その射出面近傍に 2 次光源（有効光源）を形成している。

【 0 0 1 2 】

オプティカルインテグレータ 4 の射出面近傍には絞り 5 が配置され、必要に応じて絞り駆動機構 2 3 により絞りの大きさ及び形状を可変としている。

【 0 0 1 3 】

つまり、ビーム成形光学系 3、オプティカルインテグレータ 4、絞り 5 を使用することで、任意の有効光源形状（例えば、通常 や輪帯、四重極、二重極等）をレチクルパターンに応じて形成可能としている。

【 0 0 1 4 】

はコヒーレンスファクタ - であり、「照明光の NA / 投影光学系の NA 」である。

【 0 0 1 5 】

6 はコンデンサーレンズでオプティカルインテグレータ 4 の射出面近傍で形成された複数の 2 次光源から射出された光束を集光し、被照射面であるスキャンブレード 7 b 面に重畳照射してその面を均一にしている。

【 0 0 1 6 】

1 8 はハーフミラーで、オプティカルインテグレータ 4 から射出された光束の数 % を反射し、積算露光量計測センサ 1 7 に導光している。1 7 は、露光時の光量を常時検出するためのディテクタ（照度計、検出器）であり、ウェハ 1 4 面、レチクル 1 0 面と光学的に共役な位置に配置され、その出力に応じた信号を主制御装置 3 0 に送っている。

【 0 0 1 7 】

スキャンブレード 7 b は複数の可動な遮光板から成り、スキャンブレード駆動装置 2 4 により任意の開口形状が形成されるようにして、ウェハ 1 4 面上の露光範囲を規制している。

【 0 0 1 8 】

更にスキャンブレード 7 b は、レチクルステージ 1 1、ウェハステージ 1 5 と同期して図中矢印方向に走査移動する。また、スキャンブレード 7 b 近傍には、走査露光後の露光面における照度均一性の向上を図るため、可変スリット 7 a が配置されている。

【 0 0 1 9 】

8 a、8 b は結像レンズで、スキャンブレード 7 b の開口形状を被照射面としてのレチクル 1 0 面上に転写し、レチクル面 1 0 上の必要な領域を均一に照明している。

【 0 0 2 0 】

ここで、レーザ 1 より後段からレチクル 1 0 より前段の光学系を総称して照明光学系と呼ぶこととする。

【 0 0 2 1 】

レチクル 1 0 はレチクルステージ 1 1 によって保持され、レチクルステージ 1 1 はレチクルステージ駆動装置 2 5 によって制御されている。

【 0 0 2 2 】

1 2 はレチクル 1 0 面上の回路パターンをウェハ 1 4 面上に縮小投影する投影光学系であり、複数のレンズ（1 2 a ~ 1 2 z . . .）から成る。1 3 は投影光学系の瞳領域を制限する NA 絞りで、 NA 絞り駆動装置 2 6 にてその開口寸法を変化させ、投影光学系 1 2 の NA を可変としている。1 4 はレチクル 1 0 面上の回路パターンが投影転写されるウェハ（基板）であり、露光面に位置している。1 5 はウェハ 1 4 を保持し光軸方向及び光軸と直交する平面に沿って 2 次元的に動くウェハステージである。ウェハステージ 1 5 はウェハステージ駆動装置 2 7 によって制御されている。

【 0 0 2 3 】

露光時には、レチクルステージ 1 1 とウェハステージ 1 5 が同期しながら、図中矢印の方向に走査露光を行う。尚、本発明における座標は、露光面にてウェハステージ 1 5 の走査方向と直交する方向を X 方向、ウェハステージ 1 5 が走査する方向を Y 方向、投影光学

10

20

30

40

50

系 1 2 の光軸方向を Z 方向と定めることとする。

【 0 0 2 4 】

1 6 はウェハ 1 4 面上に入射する露光光の光量を検出するためのディテクタ（照度計、検出器）であり、ウェハ 1 4 面に受光部を一致させ照射領域内の照明光をウェハステージ 1 5 の駆動と共に移動して受光し、その出力に応じた信号を主制御装置 3 0 に送っている。3 0 は主制御装置であり、各装置 2 1 ~ 2 7 を制御している。

【 0 0 2 5 】

ステップアンドスキャン方式の露光方法は、レチクル 1 0 とウェハ 1 4 が図 1 の矢印方向に同期しながら走査露光を行う。投影光学系の縮小倍率が $1 / \quad$ の際には、ウェハステージ 1 5 の走査速度が $V \text{ (mm / sec)}$ のとき、レチクルステージ 1 1 の走査速度は $V \text{ (mm / sec)}$ である。また、ウェハステージ 1 5 の走査方向とレチクルステージ 1 1 の走査方向は、互いに反対の方向である。

10

【 0 0 2 6 】

ステップスキャン露光装置におけるインテグレート照射範囲は図 2 に示すように、X 方向に長く、Y 方向（スキャン方向）に短い矩形分布となっている。そして、Y 方向に走査露光することで、1 ショット領域を確保している。

【 0 0 2 7 】

この矩形照明領域を実現するため、オプティカルインテグレート 4 を構成する微小レンズのピッチや形状が決定されている。

【 0 0 2 8 】

例えば、微小レンズの曲率を X 方向と Y 方向に等しく設定する場合、矩形照明を実現するためには、微小レンズの開口形状を照明領域とほぼ相似の矩形となるように設定する。従って、微小レンズのピッチは X 方向と Y 方向で異なる構成となる。

20

【 0 0 2 9 】

一方、微小レンズのピッチを X 方向と Y 方向に等しく設定する場合には、矩形照明を実現するために X 方向と Y 方向の曲率を各々異なる値に設定する。

【 特 許 文 献 1 】 特 開 平 1 0 - 0 2 2 2 1 7 号 公 報

【 特 許 文 献 2 】 特 開 平 9 - 0 0 7 9 4 1 号 公 報

【 特 許 文 献 3 】 特 開 平 9 - 0 0 6 0 1 1 号 公 報

【 特 許 文 献 4 】 特 開 平 1 0 - 2 7 0 3 5 1 号 公 報

30

【 発 明 の 開 示 】

【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

【 0 0 3 0 】

近年の露光装置は解像度の更なる向上を図るため、露光波長を i 線（波長：365 nm）から KrF エキシマレーザ（248 nm）、ArF エキシマレーザ（193 nm）と短くしてきている。波長 193 nm において使用可能な硝材としては、高純度の石英（SiO₂）と蛍石（CaF₂）の 2 種類にほぼ限定されている。よって、露光装置を構成する光学素子は、石英と蛍石のそれぞれの特徴を考慮して最適に配置する必要がある。

【 0 0 3 1 】

蛍石は波長 193 nm の光に対して約 1.50 の屈折率で、耐久性に優れているが、大口径を製造することが困難となっている。

40

【 0 0 3 2 】

一方、石英は波長 193 nm に対して約 1.56 の屈折率で、大口径化が比較的容易であるが、耐久性は蛍石よりも低い。更に、照射するエネルギー密度が約 0.1 mJ / cm² 以上の場合に、体積収縮が起こって屈折率が高くなる現象（コンパクション）が発生することも報告されている。

【 0 0 3 3 】

以上から、露光装置を構成する光学素子は、エネルギー密度に応じて蛍石と石英を使い分けることが必要となってくる。

【 0 0 3 4 】

50

ここで、投影光学系を構成する光学素子について言及する。図3に屈折系の投影光学系の概略図を示す。投影光学系は20～30枚の光学素子から構成されている。この投影光学系で、エネルギー密度が高くなるレンズ箇所は、有効径の小さいウェハ面近傍とインテグレータの輝点が再結像する瞳面近傍となる。

【0035】

ウェハ面近傍のエネルギー分布を図4に示す。エネルギー分布はほぼ均一な強度分布となっている。このエネルギー分布は、ウェハ面における照度と、照明NAとウェハからの距離で決まる照射面積から求められる。比較的小さい面積に集中しているため、エネルギー密度が高くなっているが、蛍石で対応すれば問題はない。

【0036】

瞳面近傍のエネルギー分布を図5に示す。インテグレータで形成する2次光源面と光学的に共役な位置に近いので、ハエの目レンズで形成された輝点が再結像された分布となっている。従って、集光点に近い領域では、エネルギー密度が離散分布で高くなっている。

【0037】

これまで、投影光学系の瞳面近傍には、十分な空間を確保することで対応してきた。しかし、高NA化が進むにつれて十分な空間を確保することが困難となり、集光点近傍には耐久性の優れる蛍石で対応することも行われている。

【0038】

そして、今後更なる高NA化を考えた場合、投影光学系瞳面近傍の有効径を更に拡大することが望まれる。と同時に、石英と蛍石の組み合わせによる色収差補正（軸上色収差については、瞳面近傍における組み合わせが有効である）を図ることも望まれる。

【0039】

特にNA0.85以上となると、瞳面近傍の有効径は、蛍石で対応困難な大きさに達することが懸念される。また、色収差補正のために、石英を瞳面近傍に組み合わせ配置した方がよい場合も想定される。

【0040】

一方、投影系の高NA化と共に、小照明光で位相シフトマスクを併用する露光方法や、二重極照明などの高解像技術が頻繁に使用されるようになってきた。これらの照明は、瞳面におけるエネルギー密度をより厳しくする条件となる。

【0041】

よって投影系の瞳面は、より大口径に対応しつつも、エネルギー密度を抑え、且つ色収差も良好に補正された露光システムを構築することが重要となってくる。

【0042】

本発明は上記問題を解決するため、投影光学系の瞳面近傍に大型化が容易な石英材を使用することとする。但し、石英の耐久性は蛍石より悪いので、瞳面に石英材を使用しても問題が起きない様、ウェハ上の照度は維持しつつも瞳面のエネルギー密度を低減する機構を照明系に備えることとする。

【0043】

更には、小照明条件や2重極照明条件等、瞳面のエネルギー密度が高くなる照明条件においても、瞳面のエネルギーを抑えつつ、ウェハ上の照度効率を高める露光方法を提供することとする。

【課題を解決するための手段】

【0044】

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての投影露光装置は、光源からの光で原板を照明する照明光学系と、前記原板のパターンを基板に投影する投影光学系とを備え、前記原板と前記基板を相対的に走査させて露光を行う投影露光装置において、前記照明光学系は、前記光源からの光を用いて2次光源を形成するオプティカルインテグレータと、前記オプティカルインテグレータからの光を前記原板に導光するコンデンサー光学系とを備え、前記投影光学系は、瞳面近傍に石英部材を用いていることを特徴とする。

【0045】

10

20

30

40

50

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下、添付の図面を参照して説明される好ましい実施例等によって明らかにされるであろう。

【発明の効果】

【0046】

従来よりも、性能の良い投影露光装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

以下に、本発明の実施の形態を添付の図面に基づいて詳細に説明する。

【実施例1】

【0048】

図1は本発明第1の実施例を示す概略図であり、ステップアンドスキャン方式の露光装置をモデルとしている。本発明の特徴は、投影光学系12の瞳面近傍のレンズに石英12sを使用し、インテグレート400をマイクロアレイとしている点である。

【0049】

従来(図12)に示すインテグレートの場合、インテグレートの瞳分割数は1.0に対して50分割程度で、0.3以上の照明条件では投影光学系瞳面近傍のエネルギー密度は0.1mJ/cm²以下で問題ない。しかし、0.3以下の照明条件では0.1mJ/cm²以上となって、コンパクションによる結像性能の悪化や、耐久性への悪影響が懸念される。

【0050】

一方、本発明ではマイクロアレイ400を使用することで、0.3の照明条件でもエネルギー密度を0.1mJ/cm²以下に低減することを可能としている。

【0051】

本発明の露光装置で用いる第1実施形態のマイクロアレイ詳細を図6に示す。微小なレンズを2次元的に複数配置したシート状構成をしており、微小レンズの開口は、照明形状の略相似形である。

【0052】

走査型露光装置の照明形状は、一般的にスキャン方向(Y方向)が短く、X方向が長い形状としているので、微小レンズの開口形状もX方向に長い形状としている。

【0053】

マイクロアレイは、2枚のシートから成り、入射側の1枚は、その入射面に曲率を持たせ、射出面は平板である。射出側のもう1枚は、入射面が平板で、射出面に曲率を持たせている。

【0054】

さて、投影光学系の瞳面におけるエネルギー密度を低減するためには、分割数を上げて、各集光点の光量を下げることにより、大きな効果がある。更には、X方向の分割数を上げることで、ウェハ上で形成される像のデフォーカス倍率(所謂、倍率テレセン度)の照明モード間差を低減する効果もある。

【0055】

しかし、分割数を上げすぎると、各々の微小レンズから発する光束がウェハ上で干渉を起し、パターン形成に悪影響を及ぼす。

【0056】

この現象を以下に詳述する。

【0057】

オプティカルインテグレートに入射する光のコヒーレント長によっては、生成された多数の2次光源の特定の間隔以内に接近した点光源から進む光同志が互いに干渉し合うことがある。この干渉によってレチクル上やウェハ上に、多数の2次光源の配列方向に対応した1次元または2次元の干渉縞が現れる。この干渉縞の鮮明度はレーザ光のコヒーレント長に依存する。レーザ光がエキシマレーザの場合には、光の可干渉性が比較的弱いので、隣接する2次光源同士のみが弱く干渉し合うと考えられる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 8 】

この干渉縞を抑制するため、照明光学系には特別の工夫を施している。例えば、光路途中に配した反射ミラーの角度を振動させたり、光路中に配した偏角素子を光軸を中心に回転させる手段である。これは、干渉縞を移動させることとなり、レーザ光の照度分布を露光時間を通して均一化して、見かけ上の干渉縞を抑える効果がある。

【 0 0 5 9 】

いま、オプティカルインテグレータを構成する微小レンズで形成される x 方向集光点の間隔を F_x とする。この間隔 F_x は、微小レンズの径で決定される。使用波長は λ 、コンデンサーレンズの焦点距離を f とする。

【 0 0 6 0 】

NA を持たない平行光がオプティカルインテグレータに入射したとき、レチクル上に発生する干渉縞は、オプティカルインテグレータの集光点のフーリエ変換となり、 x 方向のピッチ P_x は、 $P_x = f \cdot \lambda / F_x$ で与えられる。

【 0 0 6 1 】

これを、前述の干渉縞移動手段で露光時間内に例えば N 回移動させれば、干渉縞ピッチは P_x / N と狭まり、均一化を図ることが出来る。

【 0 0 6 2 】

微小レンズのピッチ F_x を無闇に細かくすると、レチクル上（最終的にはウェハ上）のピッチ P_x が大きくなるため、露光時間内に移動させる回数をそれに応じて上げる必要がある。しかし、干渉縞移動手段の駆動速度には限界がある。

【 0 0 6 3 】

以上を鑑みて、マイクロアレイ X 方向の分割数 M は、瞳面での 1.0 に対して $100M = 300$ となるように設定している。

【 0 0 6 4 】

一方、 Y 方向の分割数は、スキャン露光中に複数パルス照射することで、 X 方向よりも更なる干渉縞の低減効果がある。従って、 Y 方向の分割数は、 X 方向より多くすることが可能である。

【 0 0 6 5 】

図6で考えている微小レンズの開口形状は、照射形状と略相似形であるので、 Y 方向の分割数は X 方向の分割数からほぼ一意的に決定される。例えば、照明形状の X 方向長さと Y 方向長さの比が $3:1$ であれば、 Y 方向の分割数 N は $300 \leq N \leq 900$ となる。

【 0 0 6 6 】

図7は本発明第2の実施例となるマイクロアレイである。2枚のシート構成である。入射側の1枚は、入射面が Y 方向に曲率を有したマイクロシリンドリカルレンズ、射出面が X 方向に曲率を有したマイクロシリンドリカルレンズとなっている。そして各々のマイクロシリンドリカルレンズは、入射面は Y 方向に曲率を有し、射出面は X 方向に曲率を有してそれぞれ配列されている。

【 0 0 6 7 】

射出側のもう1枚も同様に入射面に Y 方向マイクロシリンドリカルレンズ、射出面に X 方向マイクロシリンドリカルレンズをそれぞれ配置している。

【 0 0 6 8 】

インテグレータ射出面近傍に形成される集光点を考えた場合、 X 方向を最終段に配置すれば、シリンドリカルレンズのバックフォーカスは X 方向に短く、 Y 方向に長くなる。射出 NA の大きい X 方向でバックフォーカスを小さく出来れば、球面収差を抑えることが効果が大きく、ウェハ面における X 方向照度分布を均一化するのに有利である。一方、 Y 方向は射出 NA が小さいので、バックフォーカスを長くしても球面収差の悪化は大きくない。更に Y 方向はスキャン露光で平均化されるため、 Y 方向の照度分布も十分小さく抑えることが可能となる。

【 0 0 6 9 】

以上から、シリンドリカルのマイクロアレイを使用する場合には、 X 方向に対応する曲

10

20

30

40

50

率を有する面を最終面に配置することが望ましい。

【0070】

しかしながら、後段のコンデンサーレンズや、インテグレート～ウェハ面までのコーティング特性とのマッチングを考慮してY方向に対応する面を最終面に用いても構わない。

【0071】

また、2枚のシートで構成されているマイクロシリンドリカルアレイにおいて、1枚目の入射面と射出面、2枚目の入射面と射出面の曲率を製造工程の効率化のためにそれぞれ等しくしたい場合には、Y-X-Y-XもしくはX-Y-X-Yの配置が必要となる。

【0072】

ここで、図7におけるX方向の分割数Mは、図6と同様にウェハにおける干渉縞を考慮して100 M 300としている。 10

【0073】

シリンドリカルレンズなので、Y方向の曲率は、X方向の曲率に必ずしも合わせる必要はない。従って、Y方向の分割数Nは、X方向の分割数Mに関係なく自由に設定可能である。よって、XとY方向で分割数が等しい構成としてもよいし、XとY方向で分割数が異なる構成としてもよい。

【0074】

以上、インテグレートマイクロアレイ化の構成について説明したが、次にその効果を説明する。

【0075】

図8はマイクロアレイインテグレートの場合の、投影系瞳面付近におけるエネルギー分布をあらわしたものである。 20

【0076】

従来インテグレートマイクロアレイのエネルギー分布（図5）に比べて分割数が多くなっており、エネルギー密度も低く抑えられている。

【0077】

従って、投影光学系の瞳面に石英を用いることが可能となる。これは、高NAの投影光学系を瞳面の有効径制約を受けることなしに実現できるため、より高品位の結像性能を有する投影光学系を提供することが可能となる。

【0078】

また、石英レンズにおけるエネルギー密度を所望の値（例えば、 0.1 mJ/cm^2 ）以下に抑えることが出来るため、良好な結像性能を長期間にわたり維持することが可能となる。更には、倍率テレセンズの照明モード間差もより小さく抑えることが可能となる。 30

【実施例2】

【0079】

次に上記説明した露光装置を利用した露光方法を図9のフローチャートで説明する。

【0080】

まず、レチクル無しの条件で、それぞれの照明条件におけるウェハ面照度と投影光学系瞳面光強度の関係を予め設計時の計算で求めておく（Step1）。次に、露光装置にて、使用する照明条件とレチクルをセットする（Step2）。そして、使用するレチクルの透過率を、レチクル無し時のウェハ面照度とレチクル有り時のウェハ面照度を計測して、その比率から算出する。ウェハ面照度の計測は、ウェハステージ15上にあるディテクタ16を使用し、レチクルステージ11をスキャンさせたときの平均光量（もしくは積算光量）で行う（Step3）。 40

【0081】

更に、Step1とStep3の結果から、使用レチクルと使用照明条件における投影光学系瞳面光強度が閾値（例えば、 0.1 mJ/cm^2 ）以下であるかを判定する（Step4）。最後に、閾値判定に基づき、それぞれ以下のように露光を行う（Step5）。つまり、閾値以下の場合、ウェハステージ15の走査速度が最大となるウェハ照度となるようにND2を選択して露光を行う。そして、閾値以上の場合、投影系瞳面系瞳面光強 50

度が閾値以下となるウェハ照度で、ウェハステージ 15 の走査速度が最大となる N D 2 を選択して露光を行う。

【実施例 3】

【0082】

次に、上記説明した露光装置を利用したデバイスの製造方法の実施例を説明する。

【0083】

図 10 は本発明のデバイス（IC や L S I 等の半導体素子、C C D、或いは液晶素子や磁性材などの微細パターン等）の製造方法のフローチャートである。これについて説明する。

【0084】

ステップ 1（回路設計）では、半導体デバイスなどの回路設計を行う。ステップ 2（マスク製作）では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ 3（基板製造）ではシリコン等の材料を用いて、ウェハ等の基板を製造する。ステップ 4（ウェハプロセス）は前工程と呼ばれ、本発明の露光装置を用い、前記の用意した回路パターン（第 1 物体）を形成したマスク（レチクル）とウェハ（第 2 物体）を用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ 5（組立）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって製作されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）では、ステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行う。こうした工程を経て、半導体デバイスが完成し、

10

20

【0085】

次に、図 11 は上記のウェハプロセスのフローチャートである。ステップ 11（酸化）ではウェハの表面を酸化させる。ステップ 12（C V D）ではウェハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 13（電極形成）ではウェハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 14（イオン打込み）ではウェハにイオンを打ち込む。ステップ 15（レジスト処理）ではウェハに感光剤を塗布する。ステップ 16（露光）では本発明の露光装置によってレチクルの回路パターンをウェハに焼付露光する。ステップ 17（現像）では露光したウェハを現像する。ステップ 18（エッチング）では現像したレジスト以外の部分を削り取る。ステップ 19（レジスト剥離）ではエッチングがすんで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。

30

【0086】

以上の実施例によれば、高 N A においても瞳面で十分な有効径を有しつつ、色収差を良好に補正する投影光学系を実現することが可能となる。従って、設計的、製造的な制約を緩和することが可能となり、より高品位の結像性能を有する投影光学系を提供することが可能となる。

【0087】

また、瞳面における発光部が小さい照明条件（小、二重極照明など）においても、ウェハ面照度を高効率に維持することが可能となり、デバイスの生産性に有効となる。

40

【0088】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図 1】本発明第 1 の実施形態を示す露光装置概略図である。

【図 2】走査露光装置の照射範囲を説明する図である。

【図 3】投影光学系の概略図である。

【図 4】投影光学系におけるウェハ面近傍のエネルギー分布概略図である。

【図 5】投影光学系における瞳面近傍のエネルギー分布概略図である。

50

【図 6】本発明の露光装置で用いるマイクロアレイの第 1 実施形態を表す図である。

【図 7】本発明の露光装置で用いるマイクロアレイの第 2 実施形態を表す図である。

【図 8】マイクロアレイを使用した場合の投影光学系における瞳面近傍のエネルギー分布概略図である。

【図 9】本発明の実施形態の露光装置を用いた露光方法のフローチャートである。

【図 10】本発明によるデバイス製造方法を示すフローチャートである。

【図 11】本発明によるウェハプロセスを示すフローチャートである。

【図 12】従来の実施形態を示す露光装置概略図である。

【符号の説明】

【0090】

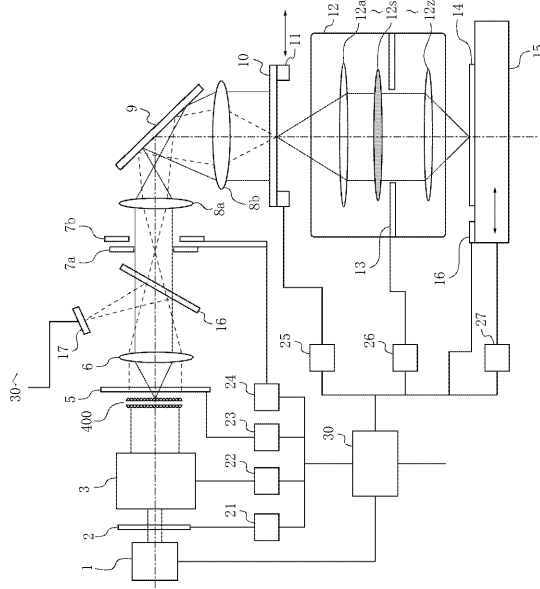
- 1 光源
- 2 減光部材
- 3 ビーム成型光学系
- 4 オプティカルインテグレータ
- 400 マイクロアレイオプティカルインテグレータ
- 5 絞り
- 6 集光レンズ
- 7a 可変スリット
- 7b スキャンブレード
- 8a、8b 結像レンズ
- 9 ミラー
- 10 レチクル
- 11 レチクルステージ
- 12 投影光学系
- 12a ~ z 投影光学系を構成する透過部材
- 14 ウェハ
- 15 ウェハステージ
- 16 ディテクタ
- 17 積算露光量センサ
- 18 ハーフミラー
- 21 ND 駆動手段
- 22 レンズ系駆動手段
- 23 絞り駆動手段
- 24 スキャンブレード駆動装置
- 25 レチクルステージ駆動装置
- 27 ウェハステージ駆動装置
- 30 主制御装置

10

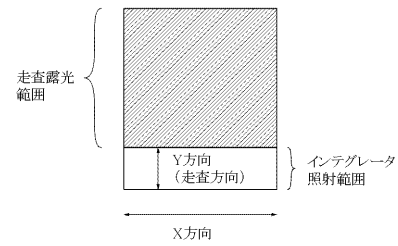
20

30

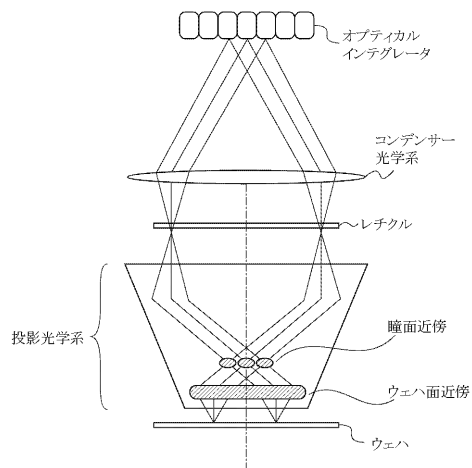
【図 1】



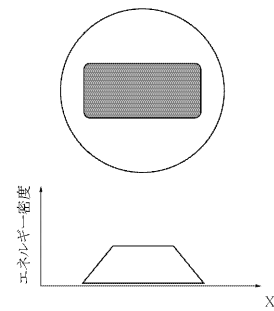
【図 2】



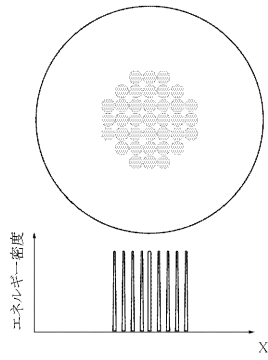
【図 3】



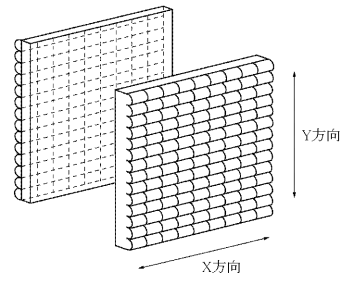
【図 4】



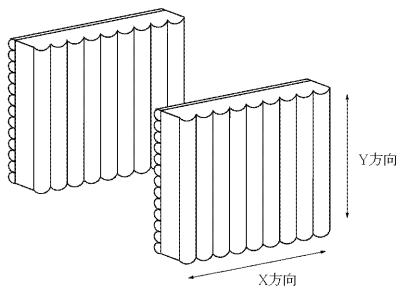
【図 5】



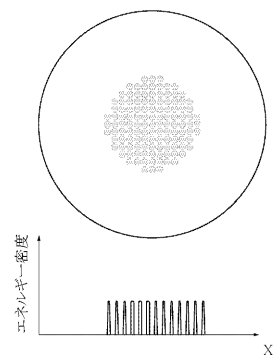
【図 6】



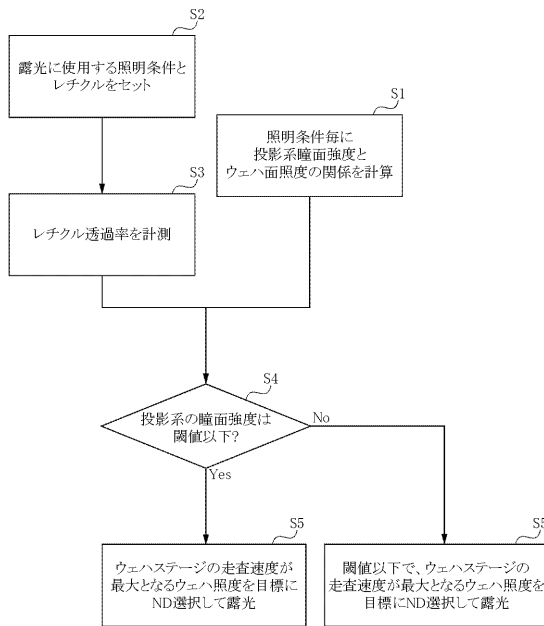
【図 7】



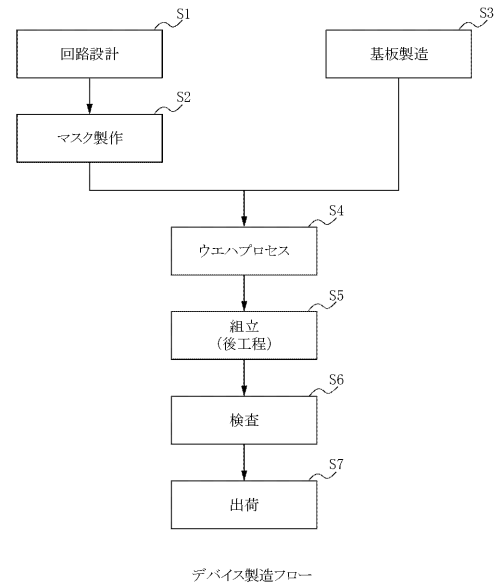
【図 8】



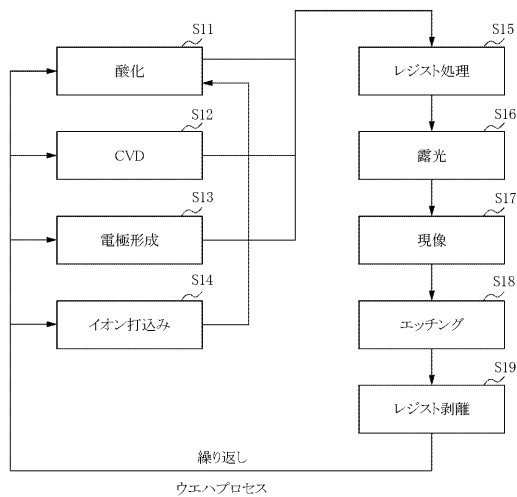
【図 9】



【図 10】



【図 11】



【図 12】

