

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4693088号
(P4693088)

(45) 発行日 平成23年6月1日(2011.6.1)

(24) 登録日 平成23年3月4日(2011.3.4)

(51) Int.Cl.

F 1

G02B 19/00 (2006.01)

G02B 19/00

G03F 7/20 (2006.01)

G03F 7/20 502

H01L 21/027 (2006.01)

H01L 21/30 515D

請求項の数 31 (全 26 頁)

(21) 出願番号 特願2004-44243 (P2004-44243)

(22) 出願日 平成16年2月20日 (2004.2.20)

(65) 公開番号 特開2005-236088 (P2005-236088A)

(43) 公開日 平成17年9月2日 (2005.9.2)

審査請求日 平成19年1月5日 (2007.1.5)

審判番号 不服2009-16044 (P2009-16044/J1)

審判請求日 平成21年9月1日 (2009.9.1)

(73) 特許権者 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区有楽町1丁目12番1号

(74) 代理人 100095256

弁理士 山口 孝雄

(72) 発明者 西永 壽

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

合議体

審判長 木村 史郎

審判官 一宮 誠

審判官 柏崎 康司

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 照明光学装置、露光装置、および露光方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、

前記光源からの光束を分割するための分割素子と、

前記分割素子を介して分割された第1光束を導くための第1光学系と、

前記分割素子を介して分割された前記第1光束とは異なる第2光束を導くための、前記第1光学系とは独立した第2光学系と、

前記光源と前記分割素子との間の光路中に配置されて、前記分割素子の近傍での照度分布をほぼ均一化するための照度均一化手段と、を備え、

前記照度均一化手段は、前記光源からの光束を二次元的に分割する複数のレンズエレメントと、該複数のレンズエレメントからの光束を前記分割素子の近傍へ導くためのコンデンサーレンズとを備え、
10

前記第1光学系および前記第2光学系からの第1および第2光束を前記被照射面へ導くことを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】

前記第1光学系は、入射する光束を照明瞳面上の第1領域に対応する光束に変換するための第1光束変換素子を備え、

前記第2光学系は、入射する光束を前記照明瞳面上の第2領域に対応する光束に変換するための第2光束変換素子を備えていることを特徴とする請求項1に記載の照明光学装置

【請求項 3】

照明瞳面上の第1領域に位置する光強度分布と第2領域に位置する光強度分布とを有する照明瞳分布を形成するための照明瞳形成手段を備え、

前記照明瞳形成手段は、

前記分割素子と、

前記分割素子を介して分割された一方の光束を前記照明瞳面上の第1領域へ導くための前記第1光学系と、

前記分割素子を介して分割された他方の光束を前記第1光学系とは異なる光路に沿って前記照明瞳面上の第2領域へ導くための前記第2光学系と、

前記分割素子と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて、前記第1光学系の光軸と前記第2光学系の光軸とを合成するための合成素子とを備えていることを特徴とする請求項2に記載の照明光学装置。 10

【請求項 4】

前記分割素子は、前記光源からの光束を波面分割して前記第1光学系および前記第2光学系へ導くことを特徴とする請求項1乃至3のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項 5】

光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、

照明瞳面上の第1領域に位置する光強度分布と第2領域に位置する光強度分布とを有する照明瞳分布を形成するための照明瞳形成手段と、

照度均一化手段とを備え、

前記照明瞳形成手段は、

前記光源と前記照明瞳面との間の光路中に配置された分割素子と、

前記分割素子を介して分割された一方の光束を前記照明瞳面上の第1領域へ導くための第1光学系と、

前記分割素子を介して分割された他方の光束を前記第1光学系とは異なる光路に沿って前記照明瞳面上の第2領域へ導くための第2光学系と、

前記分割素子と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて、前記第1光学系の光軸と前記第2光学系の光軸とを合成するための合成素子とを備え、

前記第1光学系は、入射する光束を前記第1領域に対応する光束に変換するための第1光束変換素子を備え、 30

前記第2光学系は、入射する光束を前記第2領域に対応する光束に変換するための第2光束変換素子を備え、

前記合成素子は、前記第2光学系の光軸上に配置され、

前記照度均一化手段は、前記光源と前記分割素子との間の光路中に配置されて、前記分割素子の近傍での照度分布をほぼ均一化することを特徴とする照明光学装置。

【請求項 6】

前記照明瞳形成手段は、前記分割素子を介して分割された光束を前記第1光学系および前記第2光学系とは異なる光路に沿って前記照明瞳面上の第3領域へ導くための第3光学系をさらに備えていることを特徴とする請求項5に記載の照明光学装置。

【請求項 7】

光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、

照明瞳面上の第1領域に位置する光強度分布と第2領域に位置する光強度分布とを有する照明瞳分布を形成するための照明瞳形成手段と、

前記第1領域の形状と前記第2領域の形状とを互いに独立に変更する制御と、前記第1領域を通過する光束の偏光状態と前記第2領域を通過する光束の偏光状態とを互いに独立に変更する制御とを行うための照明瞳制御手段とを備え、

前記照明瞳形成手段は、前記光源からの光束を分割するための分割素子と、前記分割素子を介して分割された一方の光束を前記照明瞳面上の前記第1領域へ導くための第1光学系と、前記分割素子を介して分割された他方の光束を前記第1光学系とは異なる光路に沿って前記照明瞳面上の前記第2領域へ導くための第2光学系と、前記分割素子と前記照明 50

瞳面との間の光路中に配置されて、前記第1光学系の光軸と前記第2光学系の光軸とを合成するための合成素子とを有し、

前記光源と前記分割素子との間の光路中に配置されて、前記分割素子の近傍での照度分布をほぼ均一化するための照度均一化手段をさらに備え、

前記照度均一化手段は、前記光源からの光束を二次元的に分割する複数のレンズエレメントと、該複数のレンズエレメントからの光束を前記分割素子の近傍へ導くためのコンデンサーレンズとを備えていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項8】

前記分割素子は、前記光源からの光束を波面分割して前記第1光学系および前記第2光学系へ導くことを特徴とする請求項7に記載の照明光学装置。

10

【請求項9】

前記照明瞳制御手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて入射する光束を前記第1領域に対応する光束に変換するための第1光束変換素子と、前記第2光学系の光路中に配置されて入射する光束を前記第2領域に対応する光束に変換するための第2光束変換素子と、前記第1光束変換素子からの光束および前記第2光束変換素子からの光束に基づいて前記照明瞳面に前記照明瞳分布を形成するためのオプティカルインテグレータとを有することを特徴とする請求項7または8に記載の照明光学装置。

【請求項10】

前記照明瞳制御手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて前記第1領域の形状を変更するための第1形状変更手段と、前記第2光学系の光路中に配置されて前記第2領域の形状を変更するための第2形状変更手段とを有することを特徴とする請求項7乃至9のいずれか1項に記載の照明光学装置。

20

【請求項11】

前記第1形状変更手段は、前記第1光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置された第1アキシコン系を有し、

前記第2形状変更手段は、前記第2光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置された第2アキシコン系を有し、

前記第1アキシコン系および前記第2アキシコン系は、凹状断面の屈折面を有する第1プリズムと、該第1プリズムの前記凹状断面の屈折面とほぼ相補的に形成された凸状断面の屈折面を有する第2プリズムとをそれぞれ有し、前記第1プリズムと前記第2プリズムとの間隔は可変に構成されていることを特徴とする請求項10に記載の照明光学装置。

30

【請求項12】

前記第1形状変更手段は、前記第1光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置された第1変倍光学系を有し、

前記第2形状変更手段は、前記第2光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置された第2変倍光学系を有することを特徴とする請求項11に記載の照明光学装置。

【請求項13】

前記照明瞳制御手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて前記第1領域を通過する光束の偏光状態を変更するための第1偏光状態変更手段と、前記第2光学系の光路中に配置されて前記第2領域を通過する光束の偏光状態を変更するための第2偏光状態変更手段とを有することを特徴とする請求項7乃至12のいずれか1項に記載の照明光学装置。

40

【請求項14】

前記第1偏光状態変更手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第1位相部材を有し、

前記第2偏光状態変更手段は、前記第2光学系の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第2位相部材を有することを特徴とする請求項13に記載の照明光学装置。

【請求項15】

前記第1偏光状態変更手段は、前記第1光学系の光路に対して挿脱自在に構成されて、入

50

射する光を必要に応じて非偏光化するための第1偏光解消素子を有し、

前記第2偏光状態変更手段は、前記第2光学系の光路に対して挿脱自在に構成されて、入射する光を必要に応じて非偏光化するための第2偏光解消素子を有することを特徴とする請求項13または14に記載の照明光学装置。

【請求項16】

前記照明瞳形成手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて入射する光束を前記第1領域に対応する光束に変換するための第1光束変換素子と、前記第2光学系の光路中に配置されて入射する光束を前記第2領域に対応する光束に変換するための第2光束変換素子とを備え、

前記第1偏光状態変更手段は、前記分割素子と前記第1光束変換素子との間の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第1位相部材と、前記分割素子と前記第1光束変換素子との間の前記光路中に挿脱自在に配置されて入射する光を必要に応じて非偏光化するための第1偏光解消素子とを備え、

前記第2偏光状態変更手段は、前記分割素子と前記第2光束変換素子との間の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第2位相部材と、前記分割素子と前記第1光束変換素子との間の前記光路中に挿脱自在に配置されて入射する光を必要に応じて非偏光化するための第2偏光解消素子とを備えていることを特徴とする請求項13乃至15のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項17】

前記照明瞳制御手段は、前記第1領域を通過する光束の光強度を変更するための第1光強度変更手段と、前記第2領域を通過する光束の光強度を変更するための第2光強度変更手段とを有することを特徴とする請求項7乃至16のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項18】

前記第1光強度変更手段は前記第1光学系の光路中に配置され、前記第2光強度変更手段は前記第2光学系の光路中に配置されていることを特徴とする請求項17に記載の照明光学装置。

【請求項19】

前記第1光強度変更手段は前記第1光学系の光路に対して選択的に挿脱自在な少なくとも1つの減光手段を有し、前記第2光強度変更手段は前記第2光学系の光路に対して選択的に挿脱自在な少なくとも1つの減光手段を有することを特徴とする請求項18に記載の照明光学装置。

【請求項20】

前記第1光束変換素子および前記第2光束変換素子は光路に対してそれぞれ交換可能に構成されていることを特徴とする請求項7乃至19のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項21】

前記第1領域は前記照明瞳面上において光軸を含む領域であり、前記第2領域は前記照明瞳面上において前記光軸から離れた領域であることを特徴とする請求項5乃至20のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項22】

前記第2領域は輪帯状または複数極状であることを特徴とする請求項21に記載の照明光学装置。

【請求項23】

前記オプティカルインテグレータからの光束を前記被照射面へ導くための導光光学系をさらに備えていることを特徴とする請求項9乃至22のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項24】

前記照明瞳形成手段は、前記分割素子を介して分割された光束を前記第1光学系および前記第2光学系とは異なる光路に沿って前記照明瞳面上の第3領域へ導くための第3光学系をさらに備えていることを特徴とする請求項5乃至23のいずれか1項に記載の照明光学装置。

10

20

30

40

50

【請求項 25】

前記第1光学系へ導かれる光束の光量と前記第2光学系へ導かれる光束の光量との比を変更する光量分割比変更手段を備えていることを特徴とする請求項1乃至24のいずれか1項に記載の照明光学装置。

【請求項 26】

前記第1光学系は前記第1光学系へ導かれる光束の光量を検出する第1光量検出部を備え、前記第2光学系は前記第2光学系へ導かれる光束の光量を検出する第2光量検出部を備えていることを特徴とする請求項25に記載の照明光学装置。

【請求項 27】

前記光量分割比変更手段は前記第1および第2光量検出部からの出力に応じて制御されることを特徴とする請求項26に記載の照明光学装置。

10

【請求項 28】

マスクを照明するための請求項1乃至27のいずれか1項に記載の照明光学装置を備え、前記マスクのパターンを感光性基板上に露光することを特徴とする露光装置。

【請求項 29】

前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成するための投影光学系をさらに備え、

前記照明光学装置の瞳面は、前記投影光学系の瞳位置とほぼ共役に位置決めされていることを特徴とする請求項28に記載の露光装置。

【請求項 30】

20

請求項1乃至27のいずれか1項に記載の照明光学装置を用いてマスクを照明する照明工程と、

前記マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法。

【請求項 31】

前記露光工程は、投影光学系を用いて前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成する投影工程を含み、

前記照明光学装置の瞳面は、前記投影光学系の瞳位置とほぼ共役に位置決めされることを特徴とする請求項30に記載の露光方法。

【発明の詳細な説明】

30

【技術分野】**【0001】**

本発明は、照明光学装置、露光装置、および露光方法に関し、特に半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等のマイクロデバイスをリソグラフィー工程で製造するための露光装置に好適な照明光学装置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束が、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（またはマイクロフライアイレンズ）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（一般には照明瞳面に形成される所定の光強度分布）を形成する。二次光源からの光束は、フライアイレンズの後側焦点面の近傍に配置された開口絞りを介して制限された後、コンデンサーレンズに入射する。

40

【0003】

コンデンサーレンズにより集光された光束は、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。マスクのパターンを透過した光は、投影光学系を介してウェハ上に結像する。こうして、ウェハ上には、マスクパターンが投影露光（転写）される。なお、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】

そこで、フライアイレンズの後側焦点面に円形状の二次光源を形成し、その大きさを変

50

化させて照明のコヒーレンシイ（ σ 値 = 開口絞り径 / 投影光学系の瞳径、あるいは σ 値 = 照明光学系の射出側開口数 / 投影光学系の入射側開口数）を変化させる技術が注目されている。また、フライアイレンズの後側焦点面に輪帯状や4極状の二次光源を形成し、投影光学系の焦点深度や解像力を向上させる技術が注目されている。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上述のような従来の露光装置では、マスクのパターン特性に応じて、円形状の二次光源に基づく通常の円形照明を行ったり、輪帯状や4極状の二次光源に基づく変形照明（輪帯照明や4極照明）を行ったりしている。しかしながら、様々な特性を有するマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件、たとえば二次光源の形状や光強度や偏光状態などに関して多様性に富んだ照明条件を実現することができなかった。10

【0006】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、たとえば露光装置に搭載された場合に、様々な特性を有するマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件、たとえば二次光源の形状や光強度や偏光状態などに関して多様性に富んだ照明条件を実現することのできる照明光学装置を提供することを目的とする。

【0007】

また、本発明は、たとえば様々な特性を有するマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件を実現することのできる照明光学装置を用いて、マスクのパターン特性に応じて実現された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および露光方法を提供することを目的とする。20

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、

照明瞳面上の第1領域に位置する光強度分布と第2領域に位置する光強度分布とを有する照明瞳分布を形成するための照明瞳形成手段と、

前記第1領域の形状と前記第2領域の形状とを互いに独立に変更する制御と、前記第1領域を通過する光束の偏光状態と前記第2領域を通過する光束の偏光状態とを互いに独立に変更する制御とを行うための照明瞳制御手段とを備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。30

【0009】

第1形態の好ましい態様によれば、前記光源からの光束を分割するための分割素子と、前記分割素子を介して分割された一方の光束を前記照明瞳面上の前記第1領域へ導くための第1光学系と、前記分割素子を介して分割された他方の光束を前記第1光学系とは異なる光路に沿って前記照明瞳面上の前記第2領域へ導くための第2光学系とを備えている。この場合、前記光源と前記分割素子との間の光路中に配置されて、前記分割素子の近傍での照度分布をほぼ均一化するための照度均一化手段を備えていることが好ましい。また、前記分割素子は、前記光源からの光束を波面分割して前記第1光学系および前記第2光学系へ導くことが好ましい。40

【0010】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記照明瞳形成手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて入射する光束を前記第1領域に対応する光束に変換するための第1光束変換素子と、前記第2光学系の光路中に配置されて入射する光束を前記第2領域に対応する光束に変換するための第2光束変換素子と、前記第1光束変換素子からの光束および前記第2光束変換素子からの光束に基づいて前記照明瞳面上に前記照明瞳分布を形成するためのオプティカルインテグレータとを有する。また、前記照明瞳制御手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて前記第1領域の形状を変更するための第1形状変更手段と、前記第2光学系の光路中に配置されて前記第2領域の形状を変更するための第2形状変更手段50

とを有することが好ましい。

【0011】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記第1形状変更手段は、前記第1光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置された第1アキシコン系を有し、前記第2形状変更手段は、前記第2光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置された第2アキシコン系を有し、前記第1アキシコン系および前記第2アキシコン系は、凹状断面の屈折面を有する第1プリズムと、該第1プリズムの前記凹状断面の屈折面とほぼ相補的に形成された凸状断面の屈折面を有する第2プリズムとをそれぞれ有し、前記第1プリズムと前記第2プリズムとの間隔は可変に構成されている。この場合、前記第1形状変更手段は、前記第1光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置された第1変倍光学系を有し、前記第2形状変更手段は、前記第2光束変換素子と前記オプティカルインテグレータとの間の光路中に配置された第2変倍光学系を有することが好ましい。
10

【0012】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記照明瞳制御手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて前記第1領域を通過する光束の偏光状態を変更するための第1偏光状態変更手段と、前記第2光学系の光路中に配置されて前記第2領域を通過する光束の偏光状態を変更するための第2偏光状態変更手段とを有する。この場合、前記第1偏光状態変更手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第1位相部材を有し、前記第2偏光状態変更手段は、前記第2光学系の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第2位相部材を有することが好ましい。また、前記第1偏光状態変更手段は、前記第1光学系の光路に対して挿脱自在に構成されて、入射する光を必要に応じて非偏光化するための第1偏光解消素子を有し、前記第2偏光状態変更手段は、前記第2光学系の光路に対して挿脱自在に構成されて、入射する光を必要に応じて非偏光化するための第2偏光解消素子を有することが好ましい。
20

【0013】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記照明瞳形成手段は、前記第1光学系の光路中に配置されて入射する光束を前記第1領域に対応する光束に変換するための第1光束変換素子と、前記第2光学系の光路中に配置されて入射する光束を前記第2領域に対応する光束に変換するための第2光束変換素子とを備え、前記第1偏光状態変更手段は、前記分割素子と前記第1光束変換素子との間の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第1位相部材と、前記分割素子と前記第1光束変換素子との間の前記光路中に挿脱自在に配置されて入射する光を必要に応じて非偏光化するための第1偏光解消素子とを備え、前記第2偏光状態変更手段は、前記分割素子と前記第2光束変換素子との間の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第2位相部材と、前記分割素子と前記第1光束変換素子との間の前記光路中に挿脱自在に配置されて入射する光を必要に応じて非偏光化するための第2偏光解消素子とを備えている。
30

【0014】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記照明瞳制御手段は、前記第1領域を通過する光束の光強度を変更するための第1光強度変更手段と、前記第2領域を通過する光束の光強度を変更するための第2光強度変更手段とを有する。この場合、前記第1光強度変更手段は前記第1光学系の光路中に配置され、前記第2光強度変更手段は前記第2光学系の光路中に配置されていることが好ましい。また、この場合、前記第1光強度変更手段は前記第1光学系の光路に対して選択的に挿脱自在な少なくとも1つの減光手段を有し、前記第2光強度変更手段は前記第2光学系の光路に対して選択的に挿脱自在な少なくとも1つの減光手段を有することが好ましい。
40

【0015】

また、第1形態の好ましい態様によれば、前記第1光束変換素子および前記第2光束变
50

換素子は光路に対してそれぞれ交換可能に構成されている。また、前記第1領域は前記照明瞳面上において光軸を含む領域であり、前記第2領域は前記照明瞳面上において前記光軸から離れた領域であることが好ましい。この場合、前記第2領域は輪帯状または複数極状であることが好ましい。また、前記オプティカルインテグレータからの光束を前記被照射面へ導くための導光光学系をさらに備えていることが好ましい。

【0016】

本発明の第2形態では、光源からの光束で被照射面を照明する照明光学装置において、照明瞳面上の第1領域に位置する光強度分布と第2領域に位置する光強度分布とを有する照明瞳分布を形成するための照明瞳形成手段を備え、

前記照明瞳形成手段は、

10

前記光源と前記照明瞳面との間の光路中に配置された分割素子と、

前記分割素子を介して分割された一方の光束を前記照明瞳面上の第1領域へ導くための第1光学系と、

前記分割素子を介して分割された他方の光束を前記第1光学系とは異なる光路に沿って前記照明瞳面上の第2領域へ導くための第2光学系と、

前記分割素子と前記照明瞳面との間の光路中に配置されて、前記第1光学系の光軸と前記第2光学系の光軸とを合成するための合成素子とを備え、

前記第1光学系は、入射する光束を前記第1領域に対応する光束に変換するための第1光束変換素子を備え、

前記第2光学系は、入射する光束を前記第2領域に対応する光束に変換するための第2光束変換素子を備えていることを特徴とする照明光学装置を提供する。

20

【0017】

第2形態の好ましい態様によれば、前記照明瞳形成手段は、前記分割素子を介して分割された光束を前記第1光学系および前記第2光学系とは異なる光路に沿って前記照明瞳面上の第3領域へ導くための第3光学系をさらに備えている。

【0018】

本発明の第3形態では、マスクを照明するための第1形態または第2形態の照明光学装置を備え、前記マスクのパターンを感光性基板上に露光することを特徴とする露光装置を提供する。この場合、前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成するための投影光学系をさらに備え、前記照明光学装置の瞳面は、前記投影光学系の瞳位置とほぼ共役に位置決めされていることが好ましい。

30

【0019】

本発明の第4形態では、第1形態または第2形態の照明光学装置を用いてマスクを照明する照明工程と、前記マスクのパターンを感光性基板上に露光する露光工程とを含むことを特徴とする露光方法を提供する。この場合、前記露光工程は、投影光学系を用いて前記マスクのパターンの像を前記感光性基板上に形成する投影工程を含み、前記照明光学装置の瞳面は、前記投影光学系の瞳位置とほぼ共役に位置決めされることが好ましい。

【発明の効果】

【0020】

本発明の照明光学装置では、たとえば回折光学素子のような光束変換素子やマイクロフライアイレンズのようなオプティカルインテグレータなどの作用により、照明瞳面上の第1領域に位置する光強度分布と第2領域に位置する光強度分布とを有する照明瞳分布、たとえば5極状の二次光源を形成する。そして、たとえばアキシコン系や変倍光学系などの作用により、第1領域の形状と第2領域の形状とを互いに独立に変更する制御を行う。また、たとえば1/2波長板のような位相部材やデポラライザ（偏光解消素子）などの作用により、第1領域を通過する光束の偏光状態と第2領域を通過する光束の偏光状態とを互いに独立に変更する制御を行う。

40

【0021】

したがって、たとえば露光装置に本発明の照明光学装置を搭載した場合、様々な特性を有するマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件、たとえば二次光源

50

の形状や光強度や偏光状態などに関して多様性に富んだ照明条件を実現することができる。また、本発明の照明光学装置を用いる露光装置および露光方法では、様々な特性を有するマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件を実現することができるので、マスクのパターン特性に応じて実現され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、ひいては高いスループットで良好なデバイスを製造することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0022】

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、本発明の実施形態にかかる露光装置の全体構成を概略的に示す図である。また、図2は、図1における制御ユニットの内部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の法線方向に沿ってZ軸を、ウェハWの面内において図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。10

【0023】

図1を参照すると、本実施形態の露光装置は、露光光(照明光)を供給するための光源1を備えている。光源1として、たとえば248nmの波長の光を供給するKrFエキシマレーザ光源や193nmの波長の光を供給するArF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+Z方向に沿って射出されたほぼ平行な光束は、X方向に沿って細長く伸びた矩形状の断面を有し、一対のレンズ2aおよび2bからなるビームエキスパンダー2に入射する。各レンズ2aおよび2bは、図1の紙面内(YZ平面内)において負の屈折力および正の屈折力をそれぞれ有する。20

【0024】

したがって、ビームエキスパンダー2に入射した光束は、図1の紙面内において拡大され、所定の矩形状の断面を有する光束に整形される。整形光学系としてのビームエキスパンダー2を介したほぼ平行な光束は、ミラー3で+Y方向に偏向された後、制御ユニット5へ導かれる。なお、ミラー3は、ミラー駆動部4の作用により光軸AXに対して傾動可能に構成されている。ミラー駆動部4は、後述する検出器19aおよび19bからの信号に基づいて、ミラー3の傾動を制御する。

【0025】

図2を参照すると、本実施形態の制御ユニット5へ導かれた光束は、たとえば縦横に且つ稠密に配列された多数の正レンズエレメントからなるフライアイレンズ11に入射する。フライアイレンズ11に入射した光束は、多数のレンズエレメントにより二次元的に分割され、その後側焦点面またはその近傍に多数の光源を形成する。フライアイレンズ11の後側焦点面またはその近傍に形成された多数光源からの光束は、コンデンサーレンズ12を介して集光された後、その後側焦点位置またはその近傍にほぼ均一な照度分布を有する照野を形成する。30

【0026】

コンデンサーレンズ12の後側焦点位置またはその近傍には、分割素子としての直角プリズム13が配置されている。したがって、コンデンサーレンズ12を介して直角プリズム13に入射した光束のうち、その第1反射面13aに入射した光束は-Z方向に反射されて第1光学系へ導かれ、その第2反射面13bに入射した光束は+Z方向に反射されて第2光学系へ導かれる。第1光学系と第2光学系とは基本的に同じ構成を有するが、後述する回折光学素子20の特性だけが互いに相違している。40

【0027】

そこで、図2において、第1光学系を構成する要素には参照番号に符号「a」を添付し、第2光学系を構成する対応要素には同じ参照番号に符号「b」を添付している。以下、第1光学系および第2光学系の構成および作用の説明に際して、第2光学系の対応する参考符号などを括弧内に記している。第1光学系(第2光学系)へ導かれた光束は、リレーレンズ14a(14b)を介して、ビームスプリッター15a(15b)に入射する。ビームスプリッター15a(15b)で+Y方向に反射された大部分の光束は、リレーレン50

ズ 1 6 a (1 6 b) を介して、偏光状態変更部 1 7 a (1 7 b) に入射する。

【 0 0 2 8 】

偏光状態変更部 1 7 a (1 7 b) は、光源側から順に、光路に対して挿脱可能に構成された 1 / 4 波長板 1 7 a a (1 7 b a) と、光路に対して挿脱可能に構成された 1 / 2 波長板 1 7 a b (1 7 b b) と、光路に対して挿脱可能に構成されたデポラライザ（非偏光化素子）1 7 a c (1 7 b c) とにより構成されている。なお、偏光状態変更部 1 7 a (1 7 b) の詳細な構成および作用については後述する。

【 0 0 2 9 】

一方、ビームスプリッター 1 5 a (1 5 b) を透過した光束は、リレーレンズ 1 8 a (1 8 b) を介して検出器 1 9 a (1 9 b) に達する。ここで、コンデンサーレンズ 1 2 の後側焦点位置と検出器 1 9 a (1 9 b) の検出面とは、リレーレンズ 1 4 a (1 4 b) およびリレーレンズ 1 8 a (1 8 b) を介して、光学的にほぼ共役に配置されている。こうして、リレーレンズ 1 8 a (1 8 b) および検出器 1 9 a (1 9 b) は、第 1 光学系（第 2 光学系）へ導かれた光束の光量（光強度）を検出し、ひいては直角プリズム 1 3 における光量分割比を検出するための光量検出系を構成している。

10

【 0 0 3 0 】

検出器 1 9 a (1 9 b) の出力信号は、ミラー駆動部 4 に供給される。ミラー駆動部 4 は、上述したように、検出器 1 9 a および 1 9 b からの信号に基づいてミラー 3 を所定角度だけ傾動させ、直角プリズム 1 3 の近傍に形成される照野を光軸直交方向（Z 方向に）に平行移動させる。換言すると、ミラー駆動部 4 からの指令に基づくミラー 3 の傾動により、直角プリズム 1 3 における光量分割比が変化し、ひいては第 1 光学系へ導かれる光束の光量（光強度）と第 2 光学系へ導かれる光束の光量（光強度）との比が変化する。

20

【 0 0 3 1 】

偏光状態変更部 1 7 a (1 7 b) を通過した光束は、回折光学素子 2 0 a (2 0 b) を介して、アフォーカルレンズ 2 1 a (2 1 b) に入射する。ここで、直角プリズム 1 3 の反射面 1 3 a (1 3 b) と回折光学素子 2 0 a (2 0 b) とは、リレーレンズ 1 4 a (1 4 b) およびリレーレンズ 1 6 a (1 6 b) を介して、光学的にほぼ共役に配置されている。また、アフォーカルレンズ 2 1 a (2 1 b) は、その前側焦点位置と回折光学素子 2 0 a (2 0 b) 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 2 2 a (2 2 b) 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。

30

【 0 0 3 2 】

一般に、回折光学素子は、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。具体的には、第 1 光学系の光路中に配置された第 1 回折光学素子 2 0 a は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、そのファーフィールド（またはフラウンホーファー回折領域）に円形状の光強度分布を形成する機能を有する。一方、第 2 光学系の光路中に配置された第 2 回折光学素子 2 0 b は、矩形状の断面を有する平行光束が入射した場合に、そのファーフィールド（またはフラウンホーファー回折領域）に 4 極状の光強度分布を形成する機能を有する。

40

【 0 0 3 3 】

したがって、光束変換素子としての回折光学素子 2 0 a (2 0 b) に入射したほぼ平行光束は、アフォーカルレンズ 2 1 a (2 1 b) の瞳面またはその近傍に円形状（4 極状）の光強度分布を形成した後、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ 2 1 a (2 1 b) から射出される。なお、アフォーカルレンズ 2 1 a (2 1 b) の前側レンズ群 2 1 a a (2 1 b a) と後側レンズ群 2 1 a b (2 1 b b) との間の光路中においてその瞳面またはその近傍には、円錐アキシコン系 2 3 a (2 3 b) が配置されているが、その詳細な構成および作用については後述する。

【 0 0 3 4 】

以下、説明を簡単にするために、円錐アキシコン系 2 3 a (2 3 b) の作用を無視して

50

、基本的な構成および作用を説明する。アフォーカルレンズ21a(21b)を介した光束は、値可変用のズームレンズ24a(24b)およびリレーレンズ25a(25b)を介して、第1光学系(第2光学系)から射出される。第1光学系および第2光学系からそれぞれ射出された光束は、集光光学系26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)6に入射する。

【0035】

なお、制御ユニット5において、フライアイレンズ11の入射面と、直角プリズム13の反射面13a(13b)と、検出器19a(19b)の検出面と、回折光学素子20a(20b)と、所定面22a(22b)と、リレーレンズ25a(25b)の後側焦点面(あるいは集光光学系26の前側焦点面)とが光学的にほぼ共役になっている。また、フライアイレンズ11の後側焦点面(あるいは射出面)と、ビームスプリッター15a(15b)と、円錐アキシコン系23a(23b)と、ズームレンズ24a(24b)の後側焦点面(あるいはリレーレンズ25a(25b)の前側焦点面)とが光学的にほぼ共役になっている。10

【0036】

マイクロフライアイレンズ6は、たと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る。一般に、マイクロフライアイレンズは、たとえば平行平面板にエッティ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る。ここで、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。20

【0037】

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、所定面22a(22b)の位置はズームレンズ24a(24b)の前側焦点位置またはその近傍に配置され、ズームレンズ24a(24b)の後側焦点位置とリレーレンズ25a(25b)の前側焦点位置とはほぼ一致している。さらに、リレーレンズ25a(25b)の後側焦点位置は集光光学系26の前側焦点面またはその近傍に配置され、集光光学系26の後側焦点位置またはその近傍にマイクロフライアイレンズ6の入射面が配置されている。30

【0038】

換言すると、ズームレンズ24a(24b)とリレーレンズ25a(25b)と集光光学系26とは、所定面22a(22b)とマイクロフライアイレンズ6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21a(21b)の瞳面とマイクロフライアイレンズ6の入射面とを光学的にほぼ共役に配置している。したがって、マイクロフライアイレンズ6の入射面上には、第1光学系中の第1アフォーカルレンズ21aの瞳面またはその近傍に形成される円形状の光強度分布と、第2光学系中の第2アフォーカルレンズ21bの瞳面またはその近傍に形成される4極状の光強度分布との合成からなる5極状の照野が形成される。この5極状の照野の全体形状は、ズームレンズ24a(24b)の焦点距離に依存して相似的に変化する。40

【0039】

マイクロフライアイレンズ6を構成する各微小レンズは、マスクM上において形成すべき照野の形状(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)と相似な矩形状の断面を有する。マイクロフライアイレンズ6に入射した光束は多数の微小レンズにより二次元的に分割され、その後側焦点面またはその近傍に(ひいては照明瞳面に)、マイクロフライアイレンズ6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、すなわち図3に示すように例えば光軸AXを中心とした円形状の実質的な面光源40aと、例えば光軸AXに関して対称的に配置された4つの円弧状の実質的な面光源40b1~40b4とからなる5極状の二次光源40が形成される。50

【0040】

マイクロフライアイレンズ6の後側焦点面またはその近傍に形成された5極状の二次光源（照明瞳分布）からの光束は、ビームスプリッター7aおよびコンデンサー光学系8を介した後、マスクブラインド9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9には、マイクロフライアイレンズ6を構成する各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。なお、ビームスプリッター7aを内蔵する偏光モニター7の内部構成および作用については後述する。マスクブラインド9の矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系10の集光作用を受けた後、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。

【0041】

10

すなわち、結像光学系10は、マスクブラインド9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。マスクステージMSにより保持されたマスクMのパターンを透過した光束は、投影光学系PLを介して、ウェハステージWSにより保持されたウェハ（感光性基板）W上にマスクパターンの像を形成する。ここで、マイクロフライアイレンズ6の後側焦点面またはその近傍の照明瞳面は、投影光学系PLの瞳位置とほぼ共役に位置決めされている。こうして、投影光学系PLの光軸AXと直交する平面（XY平面）内においてウェハWを二次元的に駆動制御しながら一括露光またはスキャン露光を行うことにより、ウェハWの各露光領域にはマスクMのパターンが逐次露光される。

【0042】

20

なお、偏光状態変更部17a（17b）において、1/4波長板17aa（17ba）は、光軸AXを中心として結晶光学軸が回転自在に構成されて、入射する橙円偏光の光を直線偏光の光に変換する。また、1/2波長板17ab（17bb）は、光軸AXを中心として結晶光学軸が回転自在に構成されて、入射する直線偏光の偏光面を変化させる。また、デポラライザ17ac（17bc）は、相補的な形状を有する楔形状の水晶プリズムと楔形状の石英プリズムとにより構成されている。水晶プリズムと石英プリズムとは、一体的なプリズム組立体として、照明光路に対して挿脱自在に構成されている。

【0043】

30

光源1としてKrFエキシマレーザ光源やArFエキシマレーザ光源を用いる場合、これらの光源から射出される光は典型的には95%以上の偏光度を有し、1/4波長板17aa（17ba）にはほぼ直線偏光の光が入射する。しかしながら、光源1と偏光状態変更部17a（17b）との間の光路中に裏面反射鏡としての直角プリズムが介在する場合、入射する直線偏光の偏光面がP偏光面またはS偏光面に一致していないと、直角プリズムでの全反射により直線偏光が橙円偏光に変わる。

【0044】

40

偏光状態変更部17a（17b）では、たとえば直角プリズムでの全反射に起因して橙円偏光の光が入射しても、1/4波長板17aa（17ba）の作用により変換された直線偏光の光が1/2波長板17ab（17bb）に入射する。1/2波長板17ab（17bb）の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して0度または90度の角度をなすように設定された場合、1/2波長板17ab（17bb）に入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなくそのまま通過する。

【0045】

また、1/2波長板17ab（17bb）の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して45度の角度をなすように設定された場合、1/2波長板17ab（17bb）に入射した直線偏光の光は偏光面が90度だけ変化した直線偏光の光に変換される。さらに、デポラライザ17ac（17bc）の水晶プリズムの結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して45度の角度をなすように設定された場合、水晶プリズムに入射した直線偏光の光は非偏光状態の光に変換（非偏光化）される。

【0046】

50

偏光状態変更部17a（17b）では、デポラライザ17ac（17bc）が照明光路中に位置決めされたときに水晶プリズムの結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対し

て45度の角度をなすように構成されている。ちなみに、水晶プリズムの結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して0度または90度の角度をなすように設定された場合、水晶プリズムに入射した直線偏光の光は偏光面が変化することなくそのまま通過する。また、1/2波長板17ab(17bb)の結晶光学軸が入射する直線偏光の偏光面に対して22.5度の角度をなすように設定された場合、1/2波長板17ab(17bb)に入射した直線偏光の光は、偏光面が変化することなくそのまま通過する直線偏光成分と偏光面が90度だけ変化した直線偏光成分とを含む非偏光状態の光に変換される。

【0047】

偏光状態変更部17a(17b)では、上述したように、直線偏光の光が1/2波長板17ab(17bb)に入射するが、以下の説明を簡単にするために、図2においてZ方向に偏光方向（電場の方向）を有する直線偏光（以下、「Z方向偏光」と称する）の光が1/2波長板17ab(17bb)に入射するものとする。デポラライザ17ac(17bc)を照明光路中に位置決めした場合、1/2波長板17ab(17bb)の結晶光学軸を入射するZ方向偏光の偏光面（偏光方向）に対して0度または90度の角度をなすように設定すると、1/2波長板17ab(17bb)に入射したZ方向偏光の光は偏光面が変化することなくZ方向偏光のまま通過してデポラライザ17ac(17bc)の水晶プリズムに入射する。水晶プリズムの結晶光学軸は入射するZ方向偏光の偏光面に対して45度の角度をなすように設定されているので、水晶プリズムに入射したZ方向偏光の光は非偏光状態の光に変換される。

【0048】

水晶プリズムを介して非偏光化された光は、光の進行方向を補償するためのコンペンセータとしての石英プリズムを介して、非偏光状態で回折光学素子20a(20b)に入射する。一方、1/2波長板17ab(17bb)の結晶光学軸を入射するZ方向偏光の偏光面に対して45度の角度をなすように設定すると、1/2波長板17ab(17bb)に入射したZ方向偏光の光は偏光面が90度だけ変化し、図2においてX方向に偏光方向（電場の方向）を有する直線偏光（以下、「X方向偏光」と称する）の光になってデポラライザ17ac(17bc)の水晶プリズムに入射する。水晶プリズムの結晶光学軸は入射するX方向偏光の偏光面に対しても45度の角度をなすように設定されているので、水晶プリズムに入射したX方向偏光の光は非偏光状態の光に変換され、石英プリズムを介して、非偏光状態で回折光学素子20a(20b)に入射する。

【0049】

これに対し、デポラライザ17ac(17bc)を照明光路から退避させた場合、1/2波長板17ab(17bb)の結晶光学軸を入射するZ方向偏光の偏光面に対して0度または90度の角度をなすように設定すると、1/2波長板17ab(17bb)に入射したZ方向偏光の光は偏光面が変化することなくZ方向偏光のまま通過し、Z方向偏光状態で回折光学素子20a(20b)に入射する。一方、1/2波長板17ab(17bb)の結晶光学軸を入射するZ方向偏光の偏光面に対して45度の角度をなすように設定すると、1/2波長板17ab(17bb)に入射したZ方向偏光の光は偏光面が90度だけ変化してX方向偏光の光になり、X方向偏光状態で回折光学素子20a(20b)に入射する。

【0050】

以上のように、偏光状態変更部17a(17b)では、デポラライザ17ac(17bc)を照明光路中に挿入して位置決めすることにより、非偏光状態の光を回折光学素子20a(20b)に入射させることができる。また、デポラライザ17ac(17bc)を照明光路から退避させ且つ1/2波長板17ab(17bb)の結晶光学軸を入射するZ方向偏光の偏光面に対して0度または90度の角度をなすように設定することにより、Z方向偏光状態の光を回折光学素子20a(20b)に入射させることができる。さらに、デポラライザ17ac(17bc)を照明光路から退避させ且つ1/2波長板17ab(17bb)の結晶光学軸を入射するZ方向偏光の偏光面に対して45度をなすように設定することにより、X方向偏光状態の光を回折光学素子20a(20b)に入射させること

10

20

30

40

50

ができる。

【0051】

換言すれば、 $1/4$ 波長板 17aa ($17ba$) と $1/2$ 波長板 17ab ($17bb$) とデポラライザ 17ac ($17bc$) とからなる偏光状態変更部 17a ($17b$) の作用により、回折光学素子 20a ($20b$) への入射光の偏光状態を、ひいては二次光源 40 の円形状の面光源 40a (4 極状の面光源 40b1 ~ 40b4) を通過する光の偏光状態を、直線偏光状態と非偏光状態との間で切り換えることができ、直線偏光状態の場合には互いに直交する偏光状態間 (Z 方向偏光と X 方向偏光との間) で切り換えることができる。

【0052】

10

また、一般的には、 $1/2$ 波長板 17ab ($17bb$) の作用により、回折光学素子 20a ($20b$) への入射光の偏光状態を、任意方向に偏光方向を有する直線偏光状態に設定することもできる。さらに、偏光状態変更部 17a ($17b$) では、 $1/2$ 波長板 17ab ($17bb$) およびデポラライザ 17ac ($17bc$) をともに照明光路から退避させ、且つ $1/4$ 波長板 17aa ($17ba$) の結晶光学軸を入射する機能偏光に対して所定の角度をなすように設定することにより、円偏光状態の光を回折光学素子 20a ($20b$) に入射させることができる。

【0053】

20

次に、円錐アキシコン系 23a ($23b$) は、光源側から順に、光源側 (光入射側) に平面を向け且つマスク側 (光射出側) に凹円錐状の屈折面を向けた第 1 プリズム部材 23aa ($23ba$) 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 23ab ($23bb$) とから構成されている。そして、第 1 プリズム部材 23aa ($23ba$) の凹円錐状の屈折面と第 2 プリズム部材 23ab ($23bb$) 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 23aa ($23ba$) および第 2 プリズム部材 23ab ($23bb$) 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 23aa ($23ba$) の凹円錐状の屈折面と第 2 プリズム部材 23ab ($23bb$) の凸円錐状の屈折面との間隔が可変に構成されている。

【0054】

30

ここで、第 1 プリズム部材 23aa ($23ba$) の凹円錐状屈折面と第 2 プリズム部材 23ab ($23bb$) の凸円錐状屈折面とが互いに当接している状態では、円錐アキシコン系 23a ($23b$) は平行平面板として機能し、形成される二次光源 40 を構成する円形状 (4 極状) の面光源 40a ($40b$) に及ぼす影響はない。しかしながら、第 1 プリズム部材 23aa ($23ba$) の凹円錐状屈折面と第 2 プリズム部材 23ab ($23bb$) の凸円錐状屈折面とを離間させると、円錐アキシコン系 23a ($23b$) は、いわゆるビームエキスパンダーとして機能する。したがって、円錐アキシコン系 23a ($23b$) の間隔の変化に伴って、所定面 22a ($22b$) への入射光束の角度は変化する。

【0055】

40

図 4 は、二次光源を構成する 4 極状の面光源に対する円錐アキシコン系の作用を説明する図である。図 4 を参照すると、第 2 光学系中の円錐アキシコン系 23b の間隔が零で且つズームレンズ 24b の焦点距離が最小値に設定された状態 (以下、「標準状態」という) で形成された最も小さい 4 極状の面光源 41b1 ~ 41b4 が、円錐アキシコン系 23b の間隔を零から所定の値まで拡大されることにより、その幅 (外接円の直径である外径と内接円の直径である内径との差の $1/2$: 図中両方向矢印で示す) が変化することなく、その外径および内径がともに拡大された 4 極状の面光源 42b1 ~ 42b4 に変化する。換言すると、円錐アキシコン系 23b の作用により、4 極状の面光源の幅が変化することなく、その輪帶比 (内径 / 外径) および大きさ (外径) がともに変化する。

【0056】

一方、図示を省略するが、ズームレンズ 24b の標準状態で形成された 4 極状の面光源は、ズームレンズ 24b の焦点距離を最小値から所定の値へ拡大されることにより、その

50

全体形状が相似的に拡大された4極状の面光源に変化する。換言すると、ズームレンズ24bの変倍作用により、4極状の面光源40b1～40b4の全体が相似的に拡大または縮小され、そ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。同様に、第1光学系中のズームレンズ24aの変倍作用により、円形状の面光源40aが相似的に拡大または縮小される。なお、第1光学系中の円錐アキシコン系23aの作用により、必要に応じて円形状の面光源40aを輪帯状の面光源に変換し、その幅（外径と内径との差の1/2）を変化させることなく、その輪帯比（内径/外径）および大きさ（外径）をともに変化させることもできる。

【0057】

図5は、5極状の二次光源に対する円錐アキシコン系とズームレンズとの協働作用を説明する図である。本実施形態では、第1光学系中のズームレンズ24aの変倍作用により、図5(a)に示すように円形状の面光源を比較的小さくしたり、図5(b)に示すように円形状の面光源を比較的大きくしたりすることができる。また、第2光学系中の円錐アキシコン系23bとズームレンズ24bとの協働作用により、大きさ（外径）を一定に保ちつつ、図5(a)に示すように4極状の面光源の幅を比較的大きくしたり、図5(b)に示すように4極状の面光源の幅を比較的小さくしたりすることができる。

10

【0058】

すなわち、図5に示す例に限定されることなく、一般的に、第1光学系中のズームレンズ24aの変倍作用により、4極状の面光源とは独立して円形状の面光源を相似的に拡大または縮小することができる。また、第2光学系中の円錐アキシコン系23bとズームレンズ24bとの協働作用により、円形状の面光源とは独立して、4極状の面光源の幅、輪帯比（内径/外径）、大きさ（外径）などの形状パラメータを変化させることができる。さらに、必要に応じて、第1光学系中の円錐アキシコン系23aとズームレンズ24aとの協働作用により、円形状の面光源を輪帯状の面光源に変換し、その幅、輪帯比（内径/外径）、大きさ（外径）などの形状パラメータを変化させることができる。

20

【0059】

図6は、図1の偏光モニターの内部構成を概略的に示す斜視図である。図6を参照すると、偏光モニター7は、マイクロフライアイレンズ6とコンデンサー光学系8との間の光路中に配置された第1ビームスプリッタ7aを備えている。第1ビームスプリッタ7aは、たとえば石英ガラスにより形成されたノンコートの平行平面板（すなわち素ガラス）の形態を有し、入射光の偏光状態とは異なる偏光状態の反射光を光路から取り出す機能を有する。

30

【0060】

第1ビームスプリッタ7aにより光路から取り出された光は、第2ビームスプリッタ7bに入射する。第2ビームスプリッタ7bは、第1ビームスプリッタ7aと同様に、たとえば石英ガラスにより形成されたノンコートの平行平面板の形態を有し、入射光の偏光状態とは異なる偏光状態の反射光を発生させる機能を有する。そして、第1ビームスプリッタ7aに対するP偏光が第2ビームスプリッタ7bに対するS偏光になり、且つ第1ビームスプリッタ7aに対するS偏光が第2ビームスプリッタ7bに対するP偏光になるように設定されている。

40

【0061】

また、第2ビームスプリッタ7bを透過した光は第1光強度検出器7cにより検出され、第2ビームスプリッタ7bで反射された光は第2光強度検出器7dにより検出される。第1光強度検出器7cおよび第2光強度検出器7dの出力は、それぞれ制御部（不図示）に供給される。制御部は、偏光状態変更部17a（17b）を構成する1/4波長板17aa（17ba）、1/2波長板17ab（17bb）およびデポラライザ17ac（17bc）を必要に応じて駆動する。

【0062】

上述のように、第1ビームスプリッタ7aおよび第2ビームスプリッタ7bにおいて、P偏光に対する反射率とS偏光に対する反射率とが実質的に異なっている。したがつ

50

て、偏光モニター7では、第1ビームスプリッター7aからの反射光が、例えば第1ビームスプリッター7aへの入射光の10%程度のS偏光成分（第1ビームスプリッター7aに対するS偏光成分であって第2ビームスプリッター7bに対するP偏光成分）と、例えば第1ビームスプリッター7aへの入射光の1%程度のP偏光成分（第1ビームスプリッター7aに対するP偏光成分であって第2ビームスプリッター7bに対するS偏光成分）とを含むことになる。

【0063】

また、第2ビームスプリッター7bからの反射光は、例えば第1ビームスプリッター7aへの入射光の $10\% \times 1\% = 0.1\%$ 程度のP偏光成分（第1ビームスプリッター7aに対するP偏光成分であって第2ビームスプリッター7bに対するS偏光成分）と、例えば第1ビームスプリッター7aへの入射光の $1\% \times 10\% = 0.1\%$ 程度のS偏光成分（第1ビームスプリッター7aに対するS偏光成分であって第2ビームスプリッター7bに対するP偏光成分）とを含むことになる。10

【0064】

こうして、偏光モニター7では、第1ビームスプリッター7aが、その反射特性に応じて、入射光の偏光状態とは異なる偏光状態の反射光を光路から取り出す機能を有する。その結果、第2ビームスプリッター7bの偏光特性による偏光変動の影響を僅かに受けるものの、第1光強度検出器7cの出力（第2ビームスプリッター7bの透過光の強度に関する情報、すなわち第1ビームスプリッター7aからの反射光とほぼ同じ偏光状態の光の強度に関する情報）に基づいて、第1ビームスプリッター7aへの入射光の偏光状態（偏光度）を、ひいてはマスクMやウェハWへの照明光の偏光状態を検知することができる。20

【0065】

また、偏光モニター7では、第1ビームスプリッター7aに対するP偏光が第2ビームスプリッター7bに対するS偏光になり且つ第1ビームスプリッター7aに対するS偏光が第2ビームスプリッター7bに対するP偏光になるように設定されている。その結果、第2光強度検出器7dの出力（第1ビームスプリッター7aおよび第2ビームスプリッター7bで順次反射された光の強度に関する情報）に基づいて、第1ビームスプリッター7aへの入射光の偏光状態の変化の影響を実質的に受けることなく、第1ビームスプリッター7aへの入射光の光量（強度）を、ひいてはマスクMへの照明光の光量を検知することができる。30

【0066】

こうして、偏光モニター7を用いて、第1ビームスプリッター7aへの入射光の偏光状態を検知し、ひいてはマスクMへの照明光が所望の非偏光状態、直線偏光状態または円偏光状態になっているか否かを判定することができる。そして、制御部が偏光モニター7の検知結果に基づいてマスクM（ひいてはウェハW）への照明光が所望の非偏光状態、直線偏光状態または円偏光状態になっていないことを確認した場合、偏光状態変更部17a（17b）を構成する1/4波長板17aa（17ba）、1/2波長板17ab（17bb）およびデポラライザ17ac（17bc）を駆動調整し、マスクMへの照明光の状態を所望の非偏光状態、直線偏光状態または円偏光状態に調整することができる。

【0067】

本実施形態では、上述したように、直角プリズム13が、光源1からの光束を波面分割して第1光学系（14a～25a）および第2光学系（14b～25b）へ導くための分割素子を構成している。また、光源1と直角プリズム13との間の光路中には、直角プリズム13の近傍に照度分布のほぼ均一な照野を形成するための手段、すなわち直角プリズム13の近傍の照度分布をほぼ均一化するための照度均一化手段として、フライアイレンズ11とコンデンサーレンズ12とが配置されている。40

【0068】

こうして、直角プリズム13により分割された一方の光束は、回折光学素子20aを含む第1光学系（14a～25a）およびマイクロフライアイレンズ6を介して、二次光源40の円形状の面光源（照明瞳面において光軸AXを含む第1領域に位置する光強度分布

) 40 a を形成する。一方、直角プリズム 13 により分割された他方の光束は、第 1 光学系 (14 a ~ 25 a) とは異なる光路に沿って、回折光学素子 20 b を含む第 2 光学系 (14 b ~ 25 b) およびマイクロフライアイレンズ 6 を介して、二次光源 40 の 4 極状の面光源 (照明瞳面において光軸 AX から離れた第 2 領域に位置する光強度分布) 40 b を形成する。

【 0069 】

ここで、回折光学素子 20 a (20 b) は、第 1 光学系 (第 2 光学系) の光路中に配置されて入射する光束を第 1 領域の円形状の面光源 40 a (第 2 領域の 4 極状の面光源 40 b) に対応する光束に変換するための第 1 光束変換素子 (第 2 光束変換素子) を構成している。また、マイクロフライアイレンズ 6 は、第 1 光束変換素子としての回折光学素子 20 a からの光束および第 2 光束変換素子としての回折光学素子 20 b からの光束に基づいて、その後側焦点面またはその近傍 (すなわち照明瞳面) に二次光源 (照明瞳分布) 40 を形成するためのオプティカルインテグレータを構成している。

【 0070 】

さらに、第 1 光束変換素子としての回折光学素子 20 a 、第 2 光束変換素子としての回折光学素子 20 b 、および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 6 は、円形状の面光源 (すなわち照明瞳面上の第 1 領域に位置する光強度分布) 40 a と、4 極状の面光源 (すなわち照明瞳面上の第 2 領域に位置する光強度分布) 40 b とを有する二次光源 (照明瞳分布) 40 を形成するための照明瞳形成手段を構成している。また、コンデンサー光学系 8 および結像光学系 10 は、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 6 からの光束を被照射面であるマスク M へ導くための導光光学系を構成している。

【 0071 】

また、上述したように、第 1 アキシコン系としての円錐アキシコン系 23 a とズームレンズ (变倍光学系) 24 a とは、第 1 光学系 (14 a ~ 25 a) の光路中に配置されて円形状の面光源 (第 1 領域) 40 a の形状を変更するための第 1 形状変更手段を構成している。同様に、第 2 アキシコン系としての円錐アキシコン系 23 b とズームレンズ (变倍光学系) 24 b とは、第 2 光学系 (14 b ~ 25 b) の光路中に配置されて 4 極状の面光源 (第 2 領域) 40 b の形状を変更するための第 2 形状変更手段を構成している。

【 0072 】

さらに、上述したように、偏光状態変更部 17 a (17 b) において、1 / 2 波長板 17 a b (17 b b) は、第 1 光学系 (第 2 光学系) の光路中に配置されて入射する直線偏光の偏光方向を必要に応じて変化させるための第 1 位相部材 (第 2 位相部材) を構成している。また、デポラライザ 17 a c (17 b c) は、第 1 光学系 (第 2 光学系) の光路に対して挿脱自在に構成されて、入射する光を必要に応じて非偏光化するための第 1 偏光解消素子 (第 2 偏光解消素子) を構成している。

【 0073 】

また、1 / 4 波長板 17 a a (17 b a) は、第 1 光学系 (第 2 光学系) の光路中に配置されて入射する橢円偏光の光を直線偏光の光に変換するための位相部材を構成している。こうして、偏光状態変更部 17 a は、第 1 光学系の光路中に配置されて第 1 領域の円形状の面光源 40 a を通過する光束の偏光状態を変更するための第 1 偏光状態変更手段を構成している。一方、偏光状態変更部 17 b は、第 2 光学系の光路中に配置されて第 2 領域の 4 極状の面光源 40 b を通過する光束の偏光状態を変更するための第 2 偏光状態変更手段を構成している。

【 0074 】

また、上述したように、ミラー 3 、ミラー駆動部 4 、フライアイレンズ 11 、コンデンサーレンズ 12 、および直角プリズム 13 は、直角プリズム 13 における光量分割比を変化させ、ひいては第 1 光学系へ導かれて第 1 領域の円形状の面光源 40 a を通過する光束の光強度 (光量) と第 2 光学系へ導かれて第 2 領域の 4 極状の面光源 40 b を通過する光束の光強度 (光量) との比を変更するための光強度比変更手段を構成している。

10

20

30

40

50

【0075】

こうして、本実施形態では、円錐アキシコン系 23a およびズームレンズ 24a を有する第1形状変更手段と、円錐アキシコン系 23b およびズームレンズ 24b を有する第2形状変更手段との作用により、第1領域の円形状の面光源 40a の形状と第2領域4極状の面光源 40b の形状とを互いに独立に変更する制御を行うことができる。また、偏光状態変更部 17a を有する第1偏光状態変更手段と、偏光状態変更部 17b を有する第2偏光状態変更手段との作用により、第1領域の円形状の面光源 40a を通過する光束の偏光状態と第2領域の4極状の面光源 40b を通過する光束の偏光状態とを互いに独立に変更する制御を行うことができる。

【0076】

10

換言すれば、第1形状変更手段と第2形状変更手段と第1偏光状態変更手段と第2偏光状態変更手段とは、第1領域の形状と第2領域の形状とを互いに独立に変更する制御と、第1領域を通過する光束の偏光状態と第2領域を通過する光束の偏光状態とを互いに独立に変更する制御とを行うための照明瞳制御手段を構成している。さらに、本実施形態では、ミラー 3、ミラー駆動部 4、フライアイレンズ 11、コンデンサーレンズ 12、および直角プリズム 13 を有する光強度比変更手段の作用により、第1領域の円形状の面光源 40a を通過する光束の光強度と第2領域の4極状の面光源 40b を通過する光束の光強度との比を変更する制御を行うことができる。

【0077】

20

以上のように、本実施形態の照明光学装置（1～10）では、様々な特性を有するマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件、たとえば二次光源の形状や光強度や偏光状態などに関して多様性に富んだ照明条件を実現することができる。また、本発明の露光装置では、様々な特性を有するマスクパターンを忠実に転写するために必要な適切な照明条件を実現することができるので、マスクのパターン特性に応じて実現され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る。

【0078】

30

なお、上述の実施形態では、回折光学素子 20a および 20b が光路に対して挿脱可能に構成され、且つ特性の異なる他の回折光学素子と交換可能に構成されている。したがって、第2光学系中の4極照明用の回折光学素子 20b に代えて、たとえば2極照明用（8極照明用）の回折光学素子を光路中に設定することによって、3極（9極）照明を行うことができる。また、第2光学系中の4極照明用の回折光学素子 20b に代えて、たとえば輪帯照明用の回折光学素子を光路中に設定することによって、変形輪帯照明を行うことができる。

【0079】

40

また、第1光学系中の円形照明用の回折光学素子 20a に代えて、たとえば4極照明用の回折光学素子 20b を光路中に設定することによって、8極照明を行うことができる。同様に、第1光学系中の円形照明用の回折光学素子 20a や第2光学系中の4極照明用の回折光学素子 20b に代えて、適当な特性を有する回折光学素子を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。さらに、4極照明用の回折光学素子 20b を光路から退避させて円形照明を行ったり、円形照明用の回折光学素子 20a を光路から退避させて4極照明を行ったりすることもできる。

【0080】

また、上述の実施形態では、直角プリズム 13 により分割された一方の光束が第1光学系（14a～25a）へ導かれ、直角プリズム 13 により分割された他方の光束が第2光学系（14b～25b）へ導かれている。しかしながら、これに限定されることなく、分割素子を介して分割された光束を第1光学系および第2光学系とは異なる光路に沿って第3光学系を介して照明瞳面上の第3領域へ導く構成も可能である。

たとえば、第1光学系（14a～25a）によって照明瞳面上の第1領域内に、図3に示した面光源 40a を形成し、第2光学系（14b～25b）によって照明瞳面上の第2領域内に、図3に示した面光源 40b1, 40b4 を形成し、これら第1光学系および第

50

2 光学系とは異なる第3光学系(不図示)によって照明瞳面上の第3領域内に、図3に示した面光源40b2, 40b3を形成する構成として、面光源40aに達する光束の偏光状態を非偏光、X方向偏光またはZ方向偏光に設定し、面光源40b1, 40b4に達する光束の偏光状態を光軸を中心とした円の接線方向に偏光面を持つ直線偏光に設定し、面光源40b2, 40b3に達する光束の偏光状態を光軸を中心とした円の接線方向に偏光面を持つ直線偏光(面光源40b1, 40b4に達する光束の偏光方向とは直交する方向に偏光面を持つ直線偏光)に設定することもできる。

【0081】

図7は、本実施形態の第1変形例にかかる制御ユニットの構成を概略的に示す図である。第1変形例の制御ユニット50は、図2に示す実施形態の制御ユニット5と類似の構成を有する。しかしながら、第1変形例では、ズームレンズ24aおよび24bとマイクロフライアイレンズ6との間の構成だけが、図2の実施形態と相違している。以下、図2の実施形態との相違点に着目して、第1変形例の制御ユニット50の構成および作用を説明する。

10

【0082】

図7を参照すると、第1変形例の制御ユニット50では、ズームレンズ24aを介して第1光学系(14a～24a)から射出された光束が、偏向部材としての直角プリズム(あるいは折り曲げミラー)27により+Z方向に反射される。直角プリズム27により+Z方向に反射された光束は、リレーレンズ系28を介して、第2光学系の光軸上に配置された偏向部材としての直角プリズム(あるいは折り曲げミラー)29に入射する。直角プリズム29により+Y方向に反射された第1光学系からの光束は、リレーレンズ系30を介して、マイクロフライアイレンズ6に達する。

20

【0083】

一方、ズームレンズ24bを介して第2光学系(14b～24b)から射出された光束は、直角プリズム29に遮られることなく、リレーレンズ系30を介して、マイクロフライアイレンズ6に達する。なお、第1変形例では、円錐アキシコン系23a(23b)と、直角プリズム27の反射面と、直角プリズム29の反射面と、マイクロフライアイレンズ6の入射面とが、光学的にほぼ共役になっている。また、所定面22a(22b)と、リレーレンズ系28の瞳面と、リレーレンズ系30の瞳面と、マイクロフライアイレンズ6の後側焦点面(あるいは射出面)とが、光学的にほぼ共役になっている。

30

【0084】

そして、直角プリズム27と29とは、分割素子である直角プリズム13と照明瞳面であるマスクMとの間の光路中に配置されて、第1光学系(14a～24a)の光軸と前記第2光学系(14b～24b)の光軸とを合成するための合成素子を構成している。第1変形例においても上述の実施形態と同様に、第1領域の円形状の面光源40aの形状と第2領域4極状の面光源40bの形状とを互いに独立に変更する制御、第1領域の円形状の面光源40aを通過する光束の偏光状態と第2領域の4極状の面光源40bを通過する光束の偏光状態とを互いに独立に変更する制御、および第1領域の円形状の面光源40aを通過する光束の光強度と第2領域の4極状の面光源40bを通過する光束の光強度との比を変更する制御を行うことができる。

40

【0085】

図8は、本実施形態の第2変形例にかかる制御ユニットの要部構成を概略的に示す図である。第2変形例の制御ユニット51は、図2に示す実施形態の制御ユニット5および第1変形例の制御ユニット50と類似の要部構成を有する。しかしながら、第2変形例では、ミラー3と偏光状態変更部17aおよび17bとの間の構成が、図2の実施形態および第1変形例と相違している。以下、図2の実施形態および第1変形例との相違点に着目して、第2変形例の制御ユニット51の構成および作用を説明する。

【0086】

図8を参照すると、第2変形例の制御ユニット51では、ミラー3により+Y方向に反射された光束が、ビームスプリッター31に入射する。ビームスプリッター31により-

50

Z 方向に反射されて第 1 光学系へ導かれた光束は、折り曲げミラー 3 2 により $+Y$ 方向に反射された後、少なくとも 1 つの減光フィルター 3 3 a を介して、偏光状態変更部 1 7 a に達する。一方、ビームスプリッター 3 1 を透過して第 2 光学系へ導かれた光束は、少なくとも 1 つの減光フィルター 3 3 b を介して、偏光状態変更部 1 7 b に達する。偏光状態変更部 1 7 a および 1 7 b よりも後側（マイクロフライアイレンズ 6 側）の構成は、図 2 の実施形態または第 1 变形例と同じである。

【0087】

ここで、減光フィルター 3 3 a および減光フィルター 3 3 b が光路に対して挿脱可能に構成され、且つ特性の異なる他の減光フィルターと交換可能に構成されている。すなわち、減光フィルター 3 3 a は、第 1 光学系の光路に対して選択的に挿脱自在な少なくとも 1 10 つの減光手段であって、第 1 光学系の光路中に配置されて第 1 領域の円形状の面光源 4 0 a を通過する光束の光強度を変更するための第 1 光強度変更手段を構成している。また、減光フィルター 3 3 b は、第 2 光学系の光路に対して選択的に挿脱自在な少なくとも 1 つの減光手段であって、第 2 光学系の光路中に配置されて第 2 領域の 4 極状の面光源 4 0 b を通過する光束の光強度を変更するための第 2 光強度変更手段を構成している。

【0088】

したがって、第 2 变形例では、ミラー 3 を傾動させるためのミラー駆動部 4 は不要である。そして、たとえばビームスプリッター 3 1 における光量分割比を 1 : 1 に設定し、減光フィルター 3 3 a や減光フィルター 3 3 b を特性の異なる他の減光フィルターと交換したり、減光フィルター 3 3 a や減光フィルター 3 3 b を光路から退避させたりすることにより、図 2 の実施形態または第 1 变形例とは異なり、第 1 領域の円形状の面光源 4 0 a を通過する光束の光強度と第 2 領域の 4 極状の面光源 4 0 b を通過する光束の光強度とを互いに独立に変更する制御を行うことができる。
20

【0089】

上述の各実施形態または各変形例において、照度均一化手段としてのフライアイレンズ 1 1 に替えて、そのファーフィールド（またはフラウンホーファー回折領域）にほぼ均一な光強度分布を形成する回折光学素子を適用してもよい。ここで、この回折光学素子のファーフィールド（またはフラウンホーファー回折領域）は、照度均一化手段としてのコンデンサーレンズ 1 2 の後側焦点位置またはその近傍にリレーされることになる。

【0090】

また、上述の各実施形態または各変形例において、第 1 光学系（1 4 a ~ 2 5 a）および第 2 光学系（1 4 b ~ 2 5 b）中の回折光学素子 2 0 a（2 0 b）からズームレンズ 2 4 a（2 4 b）までの光学系を、たとえば特開 2 0 0 1 - 1 7 6 7 6 6 号公報に開示される照明光学装置の回折光学素子 5 1 からズームレンズ 7 までの光学系や、特開 2 0 0 1 - 8 5 9 2 3 号公報に開示される照明光学装置のマイクロレンズアレイ 4 からズームレンズ 7 までの光学系、特開 2 0 0 2 - 2 3 1 6 1 9 号公報に開示される回折光学素子 4 からズームレンズ 7 までの光学系、特開 2 0 0 3 - 1 7 8 9 5 1 号公報に開示される照明光学装置の回折光学素子 4 からズームレンズ 7 までの光学系、特開 2 0 0 3 - 1 7 8 9 5 2 号公報に開示される照明光学装置の角度光束形成部 2 から変倍光学系 4 までの光学系などに置き換えることも可能である。
40

【0091】

上述の実施形態にかかる露光装置では、照明光学装置によってマスク（レチクル）を照明し（照明工程）、投影光学系を用いてマスクに形成された転写用のパターンを感光性基板に露光する（露光工程）ことにより、マイクロデバイス（半導体素子、撮像素子、液晶表示素子、薄膜磁気ヘッド等）を製造することができる。以下、上述の実施形態の露光装置を用いて感光性基板としてのウェハ等に所定の回路パターンを形成することによって、マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法の一例につき図 9 のフローチャートを参照して説明する。

【0092】

先ず、図 9 のステップ 3 0 1 において、1 ロットのウェハ上に金属膜が蒸着される。次
50

のステップ302において、その1ロットのウェハ上の金属膜上にフォトレジストが塗布される。その後、ステップ303において、上述の実施形態の露光装置を用いて、マスク上のパターンの像がその投影光学系を介して、その1ロットのウェハ上の各ショット領域に順次露光転写される。その後、ステップ304において、その1ロットのウェハ上のフォトレジストの現像が行われた後、ステップ305において、その1ロットのウェハ上でレジストパターンをマスクとしてエッチングを行うことによって、マスク上のパターンに対応する回路パターンが、各ウェハ上の各ショット領域に形成される。その後、更に上のレイヤの回路パターンの形成等を行うことによって、半導体素子等のデバイスが製造される。上述の半導体デバイス製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する半導体デバイスをスループット良く得ることができる。

10

【0093】

また、上述の実施形態の露光装置では、プレート（ガラス基板）上に所定のパターン（回路パターン、電極パターン等）を形成することによって、マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得ることもできる。以下、図10のフローチャートを参照して、このときの手法の一例につき説明する。図10において、パターン形成工程401では、上述の実施形態の露光装置を用いてマスクのパターンを感光性基板（レジストが塗布されたガラス基板等）に転写露光する、所謂光リソグラフィー工程が実行される。この光リソグラフィー工程によって、感光性基板上には多数の電極等を含む所定パターンが形成される。その後、露光された基板は、現像工程、エッチング工程、レジスト剥離工程等の各工程を経ることによって、基板上に所定のパターンが形成され、次のカラーフィルター形成工程402へ移行する。

20

【0094】

次に、カラーフィルター形成工程402では、R（Red）、G（Green）、B（Blue）に対応した3つのドットの組がマトリックス状に多数配列されたり、またはR、G、Bの3本のストライプのフィルターの組を複数水平走査線方向に配列したカラーフィルターを形成する。そして、カラーフィルター形成工程402の後に、セル組み立て工程403が実行される。セル組み立て工程403では、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板、およびカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルター等を用いて液晶パネル（液晶セル）を組み立てる。

30

【0095】

セル組み立て工程403では、例えば、パターン形成工程401にて得られた所定パターンを有する基板とカラーフィルター形成工程402にて得られたカラーフィルターとの間に液晶を注入して、液晶パネル（液晶セル）を製造する。その後、モジュール組み立て工程404にて、組み立てられた液晶パネル（液晶セル）の表示動作を行わせる電気回路、バックライト等の各部品を取り付けて液晶表示素子として完成させる。上述の液晶表示素子の製造方法によれば、極めて微細な回路パターンを有する液晶表示素子をスループット良く得ることができる。

【0096】

なお、上述の実施形態では、露光光としてKrFエキシマレーザ光（波長：248nm）やArFエキシマレーザ光（波長：193nm）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157nm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。さらに、上述の実施形態では、照明光学装置を備えた露光装置を例にとって本発明を説明したが、マスクやウェハ以外の被照射面を照明するための一般的な照明光学装置に本発明を適用することは明らかである。

40

【0097】

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、国際公開番号WO99/49504号公報に開示されているような局所的に液体を満たす

50

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。

【0098】

なお、液体としては、露光光に対する透過性があつてできるだけ屈折率が高く、投影光学系や基板表面に塗布されているフォトトレジストに対して安定なものを用いることが好ましく、たとえばKrFエキシマレーザ光やArFエキシマレーザ光を露光光とする場合には、液体として純水、脱イオン水を用いることができる。また、露光光としてF₂レーザ光を用いる場合は、液体としてはF₂レーザ光を透過可能な例えはフッ素系オイルや過フッ化ポリエーテル(PFPE)等のフッ素系の液体を用いればよい。

10

【図面の簡単な説明】

【0099】

【図1】本発明の実施形態にかかる露光装置の全体構成を概略的に示す図である。

【図2】図1における制御ユニットの内部構成を概略的に示す図である。

【図3】マイクロフライアイレンズの後側焦点面またはその近傍に形成される5極状の二次光源を概略的に示す図である。

【図4】二次光源を構成する4極状の面光源に対する円錐アキシコン系の作用を説明する図である。

【図5】5極状の二次光源に対する円錐アキシコン系とズームレンズとの協働作用を説明する図である。

20

【図6】図1の偏光モニターの内部構成を概略的に示す斜視図である。

【図7】本実施形態の第1変形例にかかる制御ユニットの構成を概略的に示す図である。

【図8】本実施形態の第2変形例にかかる制御ユニットの要部構成を概略的に示す図である。

【図9】マイクロデバイスとしての半導体デバイスを得る際の手法のフローチャートである。

【図10】マイクロデバイスとしての液晶表示素子を得る際の手法のフローチャートである。

【符号の説明】

30

【0100】

1 光源

5, 50, 51 制御ユニット

6 マイクロフライアイレンズ(フライアイレンズ)

7 偏光モニター

7a ビームスプリッター

8 コンデンサー光学系

9 マスクブラインド

10 結像光学系

11 フライアイレンズ

40

13 直角プリズム(分割素子)

17 偏光状態変更部

19 検出器

20 回折光学素子(光束変換素子)

21 アフォーカルレンズ

23 円錐アキシコン系

24 ズームレンズ

26 集光光学系

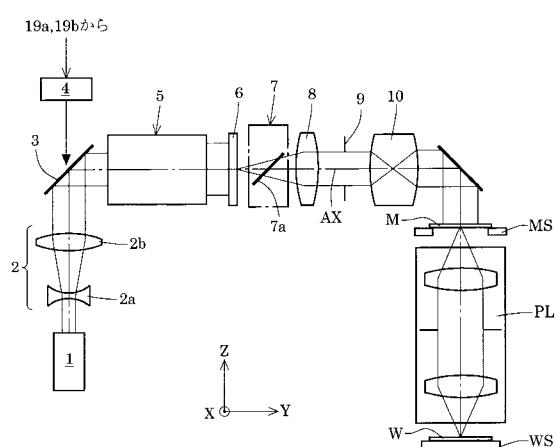
M マスク

P L 投影光学系

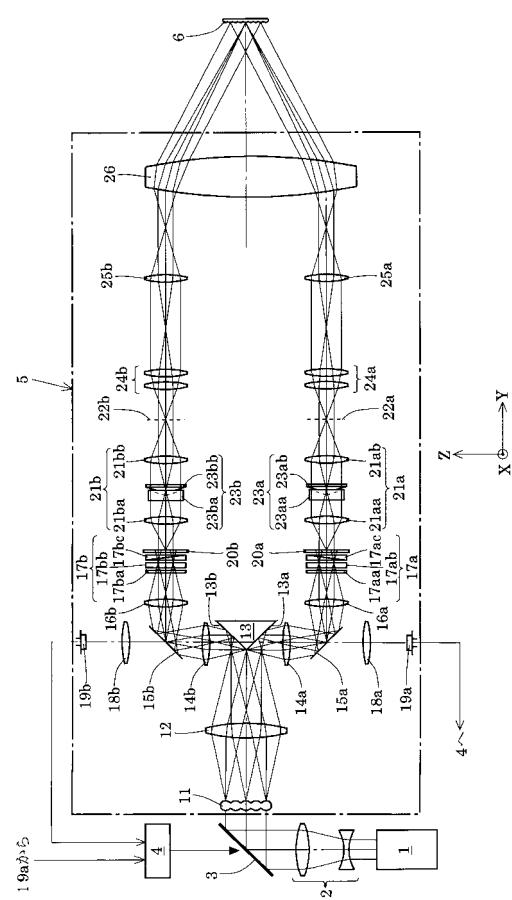
50

W ウエハ

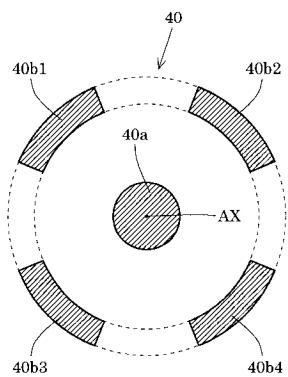
【図1】



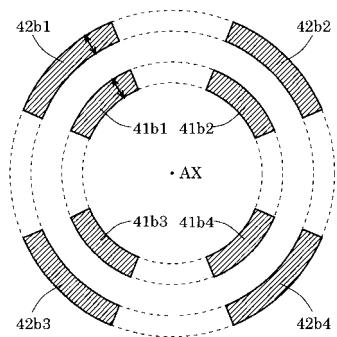
【図2】



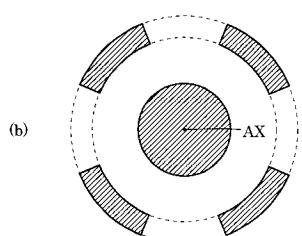
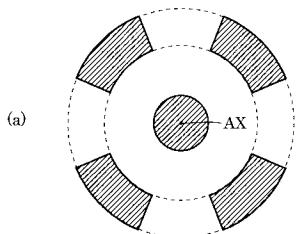
【図3】



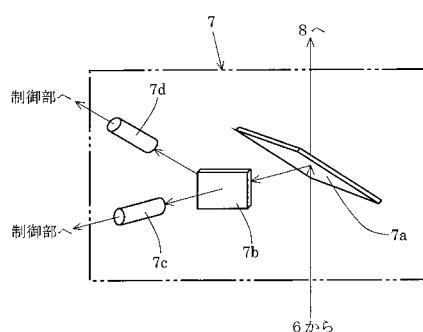
【図4】



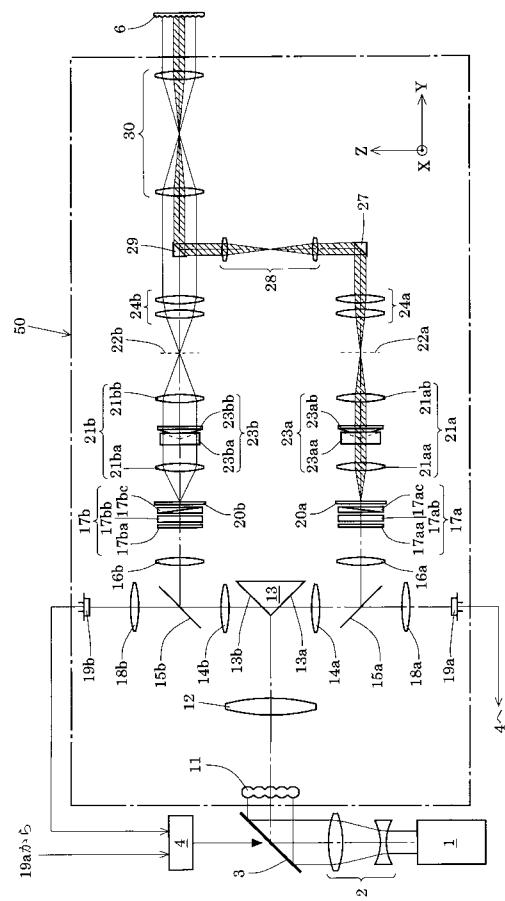
【図5】



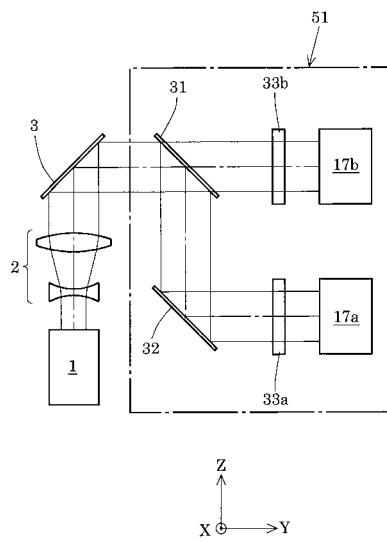
【図6】



【図7】

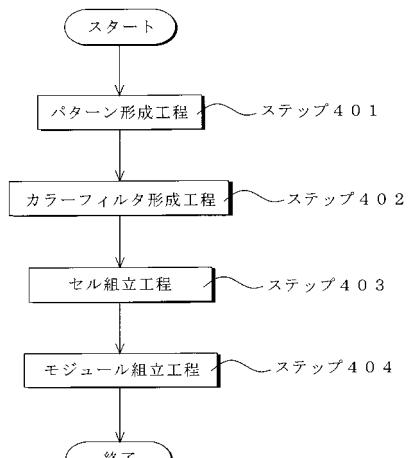
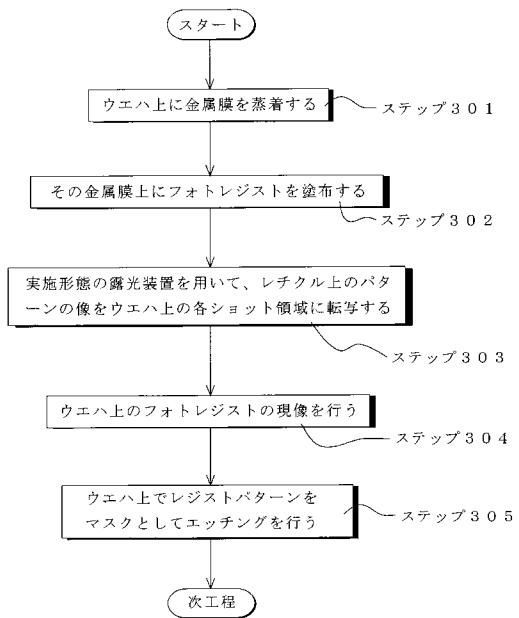


【図8】



【図9】

【図10】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開平6 - 53120 (JP, A)
特開2003 - 86503 (JP, A)
特開平6 - 45126 (JP, A)
特開2002 - 231619 (JP, A)
特開平3 - 16114 (JP, A)
特開平7 - 302753 (JP, A)
特開平7 - 273005 (JP, A)
特開平9 - 326343 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L21/027-46