

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4535260号
(P4535260)

(45) 発行日 平成22年9月1日(2010.9.1)

(24) 登録日 平成22年6月25日(2010.6.25)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 1 5 D

G O 2 B 13/24 (2006.01)

G O 2 B 13/24

請求項の数 12 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2004-303902 (P2004-303902)
 (22) 出願日 平成16年10月19日(2004.10.19)
 (65) 公開番号 特開2006-120675 (P2006-120675A)
 (43) 公開日 平成18年5月11日(2006.5.11)
 審査請求日 平成19年9月25日(2007.9.25)

(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 重松 幸二
 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
 審査官 新井 重雄

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】

光源からの光束により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所定の光強度分布の光束に変換するための回折光学素子と、

前記回折光学素子と前記被照射面との間の光路中に配置されて、前記回折光学素子からの光束に基づいて照明瞳面に実質的な面光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、

前記回折光学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て前記実質的な面光源の大きさおよび形状を変化させるための整形光学系と、

前記整形光学系の光路中において前記回折光学素子と実質的にフーリエ変換の関係にある位置に配置されて、前記回折光学素子からの0次光が照明光路に沿って進行するのを阻止するための阻止手段とを備え、

前記阻止手段と前記回折光学素子との間の光路中に配置される光学部材の光軸方向の位置は固定されていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 2】

前記整形光学系は、リレー光学系と、該リレー光学系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変倍光学系とを有し、

前記阻止手段は、前記リレー光学系の瞳位置またはその近傍に配置され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】

10

20

前記阻止手段は、入射する前記 0 次光を実質的に散乱させるための拡散領域を有することを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の照明光学装置。

【請求項 4】

前記阻止手段は、入射する前記 0 次光を実質的に遮るための遮光領域を有する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】

前記リレー光学系の光路中には、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 プリズムとが配置され、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、

前記第 1 プリズムおよび前記第 2 プリズムのうちの少なくとも一方には、前記拡散領域または前記遮光領域が設けられていることを特徴とする請求項 3 または 4 に記載の照明光学装置。

【請求項 6】

光源からの光束により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所定の光強度分布の光束に変換するための回折光学素子と、

前記回折光学素子と前記被照射面との間の光路中に配置されて、前記回折光学素子からの光束に基づいて照明瞳面に実質的な面光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、

前記回折光学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て前記実質的な面光源の大きさおよび形状を変化させるための整形光学系と、

前記整形光学系の光路中において前記回折光学素子と実質的にフーリエ変換の関係にある位置に配置されて、前記回折光学素子からの 0 次光が照明光路に沿って進行するのを阻止するための阻止手段とを備え、

前記阻止手段は、入射する前記 0 次光を実質的に散乱させるための拡散領域または入射する前記 0 次光を実質的に遮るための遮光領域を有し、

前記リレー光学系の光路中には、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 プリズムとが配置され、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、

前記第 1 プリズムおよび前記第 2 プリズムのうちの少なくとも一方には、前記拡散領域または前記遮光領域が設けられていることを特徴とする照明光学装置。

【請求項 7】

前記屈折面は、前記照明光学装置の光軸を中心とする円錐体の側面に対応する形状を有することを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の照明光学装置。

【請求項 8】

マスクを照明するための請求項 1 乃至 7 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 9】

請求項 1 乃至 7 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 10】

光源からの光束により被照射面を照明する照明光学装置に用いられる光学部材において、

凹状又は凸状の錐体の側面に対応する形状の屈折面を備え、

該屈折面の頂点付近には、光束を散乱させる散乱領域または光束を遮光する遮光領域が形成されていることを特徴とする光学部材。

【請求項 11】

前記光学部材は、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 プリズムとを備え

10

20

30

40

50

、
前記散乱領域または前記遮光領域は、前記第1プリズムおよび前記第2プリズムのうちの少なくとも一方に形成されていることを特徴とする請求項10に記載の光学部材。

【請求項12】

前記光学部材の前記屈折面は、前記照明光学装置の光軸を中心とする円錐体の側面に対応する形状を有することを特徴とする請求項10または請求項11に記載の光学部材。

【発明の詳細な説明】

【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。

【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ト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。

【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】

また、微細パターンをウェハ上に高精度に転写するために、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、その大きさを变化させて照明のコヒーレンシ σ （ 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）を变化させる技術が注目されている。さらに、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。

【0005】

上述のような従来の露光装置では、回折光学素子を用いて入射光束を所望の断面形状の光束に変換してフライアイレンズの入射面へ導くことにより、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。ここで、回折光学素子は、0次光（直進光）が実質的に発生しないように設計されている。

【0006】

しかしながら、たとえば製造誤差などにより、回折光学素子からの0次光の発生を回避することは困難である。この場合、回折光学素子から発生した0次光は不要光となってフライアイレンズの入射面の中央部（光軸近傍の部分）に集光し、たとえば輪帯照明時には輪帯状の二次光源の中央に比較的小さいが輝度の高い面光源を形成する。その結果、輪帯状の二次光源の中央に不要な面光源が形成されることになり、所望の輪帯照明を実現することができない。

【0007】

従来技術では、所望の輪帯照明を実現するために、フライアイレンズの入射面や射出面の近傍において光軸近傍の光（すなわち回折光学素子からの0次光）を遮る構成が提案されている（たとえば特許文献1を参照）。

【特許文献1】特開2001-176766号公報（図12および関連する記載）

【発明の開示】

10

20

30

40

50

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

上述のように、従来技術では、フライアイレンズの入射面や射出面の近傍における中心遮光により、回折光学素子からの0次光の影響を回避して所望の輪帯照明を実現することができる。しかしながら、円形照明に際して、上述の中心遮光の影響により二次光源の中央に比較的小さい暗部が形成され、所望の円形状の二次光源ではなく輪帯状の二次光源が形成されることになる。

【0009】

比較的大きい円形状の二次光源を用いる円形照明すなわち大 σ 円形照明の場合、暗部の外径に比して二次光源の外径がはるかに大きいので、暗部の影響をほとんど受けることなくほぼ所望の大 σ 円形照明を実現することができる。しかしながら、比較的小さい円形状の二次光源を用いる小 σ 円形照明の場合、暗部の影響により所望の円形状とは実質的に異なる輪帯状の二次光源が形成されることになり、所望の小 σ 円形照明を実現することができない。

【0010】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、回折光学素子からの0次光の影響を実質的に受けることなく、所望の輪帯照明や円形照明などを実現することのできる光学部材および照明光学装置を提供することを目的とする。回折光学素子からの0次光の影響を実質的に受けることなく所望の輪帯照明や円形照明などを実現す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が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。

【課題を解決するための手段】

【0011】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、光源からの光束により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所定の光強度分布の光束に変換するための回折光学素子と、

前記回折光学素子と前記被照射面との間の光路中に配置されて、前記回折光学素子からの光束に基づいて照明瞳面に実質的な面光源を形成するためのオプティカルインテグレータと、

前記回折光学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て前記実質的な面光源の大きさおよび形状を変化させるための整形光学系と、

前記整形光学系の光路中において前記回折光学素子と実質的にフーリエ変換の関係にある位置に配置されて、前記回折光学素子からの0次光が照明光路に沿って進行するのを阻止するための阻止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。

【0012】

本発明の第2形態では、マスクを照明するための第1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。

【0013】

本発明の第3形態では、第1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。また、本発明の第4形態では、光源からの光束により被照射面を照明する照明光学装置に用いられる光学部材において、凹状又は凸状の錐体の側面に対応する形状の屈折面を備え、該屈折面の頂点付近には、光束を散乱させる散乱領域または光束を遮光する遮光領域が形成されていることを特徴とする光学部材を提供する。

【発明の効果】

【0014】

本発明の照明光学装置では、その照明瞳面に形成される実質的な面光源の大きさおよび形状を変化させるための整形光学系の光路中において、回折光学素子と実質的にフーリエ変換の関係にある位置に、回折光学素子からの0次光が照明光路に沿って進行するのを阻止するための阻止手段を配置している。その結果、阻止手段の作用により、回折光学素子

からの0次光の影響を実質的に受けることなく、所望の輪帯照明や円形照明などを実現することができる。

【0015】

したがって、本発明の露光装置および露光方法では、回折光学素子からの0次光の影響を実質的に受けることなく所望の輪帯照明や円形照明などを実現する照明光学装置を用いているので、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】

【0016】

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。

【0017】

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193nmの波長の光を供給するArFエキシマレーザ光源を用いることができる。光源1から射出されたほぼ平行な光束は、リレーレンズ系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。リレーレンズ系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。

【0018】

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5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。一方、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。具体的には、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、その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。

【0019】

したがって、光束変換素子としての回折光学素子3に入射したほぼ平行光束は、リレー光学系としての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、ほぼ平行光束となってアフォーカルレンズ4から射出される。なお、アフォーカルレンズ4の前側レンズ群4aと後側レンズ群4b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、円錐アキシコン系6が配置されているが、その構成および作用については後述する。以下、説明を簡単にするために、円錐アキシコン系6の作用を無視して基本的な構成および作用を説明する。

【0020】

アフォーカルレンズ4を介した光束は、 σ 値可変用のズームレンズ7を介して、オブ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、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る。

【0021】

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。しかしながら、正

10

20

30

40

50

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。

【 0 0 2 2 】

所定面 5 の位置はズームレンズ 7 の前側焦点位置の近傍に配置され、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 5 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。

【 0 0 2 3 】

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、後述するようにズームレンズ 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 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。

【 0 0 2 4 】

マイクロフライアイレンズ 8 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（ひいては照明瞳面）には、入射光束によって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形成された二次光源からの光束は、コンデンサー光学系 9 を介した後、マスクブラインド 10 を重畳的に照明する。

【 0 0 2 5 】

こうして、照明視野絞りとしてのマスクブラインド 10 には、マイクロフライアイレンズ 8 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。マスクブラインド 10 の矩形状の開口部（光透過部）を介した光束は、結像光学系 11 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。すなわち、結像光学系 11 は、マスクブラインド 10 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。

【 0 0 2 6 】

マスクステージ M S 上に保持されたマスク M のパターンを透過した光束は、投影光学系 P L を介して、ウェハステージ W S 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。こうして、投影光学系 P L の光軸 A X と直交する平面（X Y 平面）内においてウェハステージ W S を二次元的に駆動制御しながら、ひいてはウェハ 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 のパターンが順次露光される。

【 0 0 2 7 】

図 2 は、図 1 においてアフォーカルレンズの前側レンズ群と後側レンズ群との間の光路中に配置された円錐アキシコン系の構成を概略的に示す図である。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。

【 0 0 2 8 】

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

【 0 0 2 9 】

ここで、第 1 プリズム部材 6 a の凹円錐状屈折面と第 2 プリズム部材 6 b の凸円錐状屈

10

20

30

40

50

折面とを互いに当接させると、円錐アキシコン系 6 は平行平面板として機能し、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 6 a の凹円錐状屈折面と第 2 プリズム部材 6 b の凸円錐状屈折面とを離間させると、円錐アキシコン系 6 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 6 の間隔の変化に伴って、所定面 5 への入射光束の角度は変化する。

【 0 0 3 0 】

図 3 は、輪帯状の二次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 3 を参照すると、円錐アキシコン系 6 の間隔が零で且つズームレンズ 7 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輪帯状の二次光源 3 0 a が、円錐アキシコン系 6 の間隔を零から所定の値まで拡大させることにより、その幅（外径と内径との差の $1/2$ ：図中矢印で示す）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輪帯状の二次光源 3 0 b に変化する。換言すると、円錐アキシコン系 6 の作用により、輪帯状の二次光源の幅が変化することなく、その輪帯比（内径 / 外径）および大きさ（外径）がともに変化する。

10

【 0 0 3 1 】

図 4 は、輪帯状の二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。図 4 を参照すると、標準状態で形成された輪帯状の二次光源 3 0 a が、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、その全体形状が相似的に拡大された輪帯状の二次光源 3 0 c に変化する。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。

20

【 0 0 3 2 】

このように、アフォーカルレンズ（リレー光学系）4 と円錐アキシコン系 6 とズームレンズ（変倍光学系）7 とは、回折光学素子 3 と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）8 との間の光路中に配置されて照明瞳面に形成される二次光源（実質的な面光源）の大きさおよび形状を変化させるための整形光学系を構成している。

【 0 0 3 3 】

なお、輪帯照明用の回折光学素子 3 に代えて、4 極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、4 極照明を行うことができる。4 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、そのファースフィールドに 4 極状の光強度分布を形成する機能を有する。したがって、4 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 4 つの円形状の照野からなる 4 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 4 極状の二次光源が形成される。

30

【 0 0 3 4 】

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、ファースフィ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。

40

【 0 0 3 5 】

さらに、輪帯照明用の回折光学素子 3 に代えて、他の複数極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、様々な複数極照明（2 極照明、8 極照明など）を行うことができる。同様に、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。

【 0 0 3 6 】

前述したように、従来技術では、たとえば製造誤差などに起因して回折光学素子 3 から

50

発生した 0 次光（不要光）が、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面の中央部（光軸 A X の近傍の部分）に集光し、輪帯状の二次光源の中央に比較的小さい輝度の高い面光源を形成するため、所望の輪帯照明を実現することができない。そこで、本実施形態では、図 5（a）に示すように、円錐アキシコン系 6 中の第 1 プリズム部材 6 a の凹円錐状屈折面の中央部（光軸 A X の近傍の部分）に、入射光を実質的に散乱させるための拡散領域 6 a a を設けている。

【 0 0 3 7 】

上述したように、円錐アキシコン系 6 はアフォーカルレンズ 4 の瞳位置またはその近傍に配置されているので、第 1 プリズム部材 6 a の拡散領域 6 a a は回折光学素子 3 と実質的にフーリエ変換の関係にある位置に配置されることになる。したがって、回折光学素子 3 から発生した 0 次光は、アフォーカルレンズ 4 の前群 4 a によりほぼ一点に向かって集光され、第 1 プリズム部材 6 a の拡散領域 6 a a に入射する。拡散領域 6 a a に入射した 0 次光は、その散乱作用を受けて、照明光路の外へ導かれる。

【 0 0 3 8 】

こうして、第 1 プリズム部材 6 a の凹円錐状屈折面の中央部に形成された拡散領域 6 a a は、アフォーカルレンズ 4 の瞳位置またはその近傍（一般的には整形光学系（4, 6, 7）の光路中において回折光学素子 3 と実質的にフーリエ変換の関係にある位置）に配置されて、回折光学素子 3 からの 0 次光が照明光路に沿って進行するのを阻止するための阻止手段を構成している。その結果、回折光学素子 3 から発生した 0 次光は、阻止手段としての拡散領域 6 a a の散乱作用により遮られ、輪帯状の二次光源の中央に輝度の高い面光源を形成することなく、所望の輪帯照明が実現される。

【 0 0 3 9 】

一方、第 1 プリズム部材 6 a の屈折面と第 2 プリズム部材 6 b の屈折面とを当接させて実現される円形照明では、図 6（a）および（b）に示すように、第 1 プリズム部材 6 a の凹円錐状屈折面の中央部に形成された拡散領域 6 a a の影響により、円形状の二次光源 3 1 a の中央部（光軸 A X の近傍の部分）に、周囲よりも実質的に光強度の小さい影部 3 1 b が形成される。そして、中央部に影部 3 1 b を含む円形状の二次光源 3 1 a の全体形状は、ズームレンズ 7 の作用により相似的に縮小したり拡大したりする。

【 0 0 4 0 】

したがって、比較的大きい円形状の二次光源を用いる図 6（a）の大 σ 円形照明においても、比較的小さい円形状の二次光源を用いる図 6（b）の小 σ 円形照明においても、円形状の二次光源 3 1 a の外径と影部 3 1 b の外径との比率は一定である。換言すれば、影部 3 1 b が円形状の二次光源 3 1 a に及ぼす影響は、円形照明における σ 値の変化に依存することなく一定である。その結果、第 1 プリズム部材 6 a の凹円錐状屈折面の中央部に形成された拡散領域 6 a a の影響をほとんど受けることなく、任意の σ 値を有するほぼ所望の円形照明を実現することができる。

【 0 0 4 1 】

こうして、本実施形態の照明光学装置（1 ~ 1 1）では、回折光学素子 3 からの 0 次光の影響を実質的に受けることなく、所望の輪帯照明や任意の σ 値を有するほぼ所望の円形照明などを実現することができる。したがって、本実施形態の露光装置（1 ~ P L）では、回折光学素子 3 からの 0 次光の影響を実質的に受けることなく所望の輪帯照明や円形照明などを実現する照明光学装置（1 ~ 1 1）を用いているので、マスク M 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。

【 0 0 4 2 】

ちなみに、マイクロフライアイレンズ 8 よりも後側（マスク側）の光路中において回折光学素子 3 からの 0 次光を遮ると、被照射面であるマスク M（ひいてはウェハ W）における照度分布の均一性が損なわれ易くなる。同様に、マイクロフライアイレンズ 8 の入射面の近傍において回折光学素子 3 からの 0 次光を遮る場合も、被照射面における照度分布の均一性が損なわれ易くなる。

【 0 0 4 3 】

なお、上述の実施形態では、円錐アキシコン系 6 中の第 1 プリズム部材 6 a の凹円錐状屈折面の中央部に阻止手段としての拡散領域 6 a a を設けている。しかしながら、これに限定されることなく、図 5 (b) に示すように、円錐アキシコン系 6 中の第 2 プリズム部材 6 b の凸円錐状屈折面の中央部 (光軸 A X の近傍の部分) に、入射光を実質的に散乱させるための拡散領域 6 b a を設けることもできる。ただし、拡散領域 6 a a をできるだけ小さく抑え、ひいては円形状の二次光源 3 1 a に含まれる影部 3 1 b をできるだけ小さく抑えるには、第 1 プリズム部材 6 a に拡散領域 6 a a を設け、第 1 プリズム部材 6 a を光軸 A X に沿って固定し且つ第 2 プリズム部材 6 b を光軸 A X に沿って移動させる構成が好ましい。換言すれば、影部 3 1 b をできるだけ小さく抑えるには、阻止手段と回折光学素子 3 との間の光路中に配置される光学部材は固定されていることが好ましい。

10

【 0 0 4 4 】

また、上述の実施形態では、回折光学素子 3 からの 0 次光が照明光路に沿って進行するのを阻止する阻止手段として、入射する 0 次光を実質的に散乱させるための拡散領域 6 a a を用いている。しかしながら、これに限定されることなく、入射する 0 次光を実質的に遮るための遮光領域を阻止手段として用いることもできる。この場合、第 1 プリズム部材 6 a の凹円錐状屈折面の中央部 (または第 2 プリズム部材 6 b の凸円錐状屈折面の中央部) に、たとえばクロム膜のような遮光性の薄膜からなる遮光領域を形成すればよい。

【 0 0 4 5 】

このとき、図 5 (a) および (b) に示すように、プリズム部材 6 a および 6 b の屈折面の中央部を光軸 A X と直交する平面状に加工すると、プリズム部材 6 a および 6 b の製造が容易になるだけでなく、平面状に加工された中央部に拡散領域や遮光領域を形成することが容易になる。もちろん、プリズム部材 6 a および 6 b の屈折面の中央部を平面状に加工することなく、たとえば円錐体の側面に対応する形状に加工された屈折面の中央部に拡散領域や遮光領域を形成しても本発明の効果が得られる。

20

【 0 0 4 6 】

また、上述の実施形態では、円錐アキシコン系 6 を構成する第 1 プリズム部材 6 a に、阻止手段としての拡散領域 6 a a を設けている。しかしながら、これに限定されることなく、たとえば円錐アキシコン系を用いない場合には、図 7 (a) に示すように、アフォーカルレンズ 4 の瞳位置またはその近傍 (回折光学素子 3 と実質的にフーリエ変換の関係にある位置) に配置された平行平板 1 2 の中央部 (光軸 A X の近傍の部分) に阻止手段としての拡散領域 (または遮光領域) 1 2 a を設ける変形例も可能である。

30

【 0 0 4 7 】

同様に、図 7 (b) に示すように、アフォーカルレンズ 4 の瞳位置またはその近傍 (回折光学素子 3 と実質的にフーリエ変換の関係にある位置) に、光軸 A X を中心とした比較的小さな拡散部材 (または遮光部材) 1 3 を設ける変形例も可能である。この場合、照明に寄与する所要光線の通過を実質的に遮ることがないように、できるだけ細い複数 (図 7 では 3 つ) の棒状部材 1 3 a を用いて拡散部材 (または遮光部材) 1 3 を安定的に支持することが好ましい。

【 0 0 4 8 】

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 8 のフローチャートを参照して説明する。

40

【 0 0 4 9 】

まず、図 8 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。次のステップ 3 0 2 において、その 1 ロットのウェハ上の金属膜上にフォトリソが塗布される。その後、ステップ 3 0 3 において、上述の実施形態の露光装置を用いて、マスク

50

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リソ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。

【００５０】

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９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９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工程が実行される。この光リソグラフィ工程によって、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。

【００５１】

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。

【００５２】

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。

【００５３】

なお、上述の実施形態では、露光光として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２４８ｎｍの波長の光を供給するＫｒＦエキシマレーザ光源や波長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。また、上述の実施形態では、露光装置においてマスクを照明する照明光学装置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、光源からの光束によりマスク以外の被照射面を照明する一般的な照明光学装置に対しても本発明を適用することができる。

【００５４】

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。

【 0 0 5 5 】

なお、液体としては、露光光に対する透過性がある程度屈折率が高く、投影光学系や基板表面に塗布されているフォトリソストに対して安定なものを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ば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。

【図面の簡単な説明】

10

【 0 0 5 6 】

【図1】本発明の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】図1の円錐アキシコン系の構成を概略的に示す図である。

【図3】輪帯状の二次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】輪帯状の二次光源に対するズームレンズの作用を説明する図である。

【図5】本実施形態の特徴的構成である阻止手段の構成を概略的に示す図である。

【図6】本実施形態において円形照明時に形成される二次光源を概略的に示す図である。

【図7】阻止手段の変形例を概略的に示す図である。

【図8】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。

20

【図9】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】

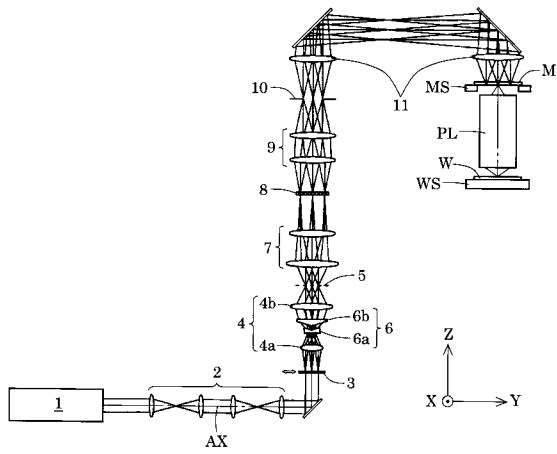
【 0 0 5 7 】

- 1 光源
- 3 回折光学素子
- 4 アフォーカルレンズ（リレー光学系）
- 6 円錐アキシコン系
- 6 a , 6 b プリズム部材
- 6 a a , 6 b a 拡散領域（または遮光領域）
- 7 ズームレンズ（変倍光学系）
- 8 マイクロフライアイレンズ
- 9 コンデンサー光学系
- 1 0 マスクブラインド
- 1 1 結像光学系
- M マスク
- M S マスクステージ
- P L 投影光学系
- W ウェハ
- W S ウェハステージ

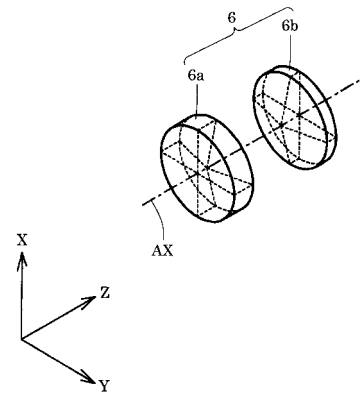
30

40

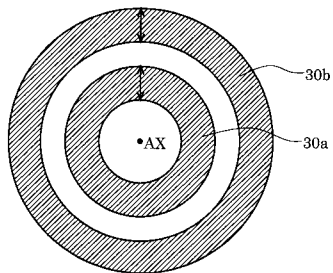
【図 1】



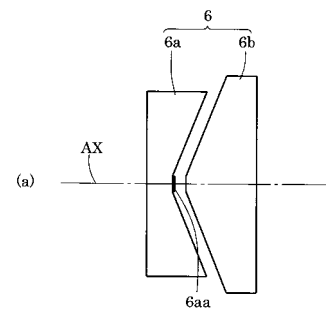
【図 2】



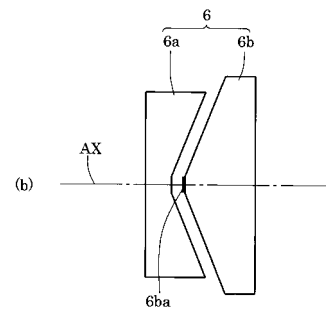
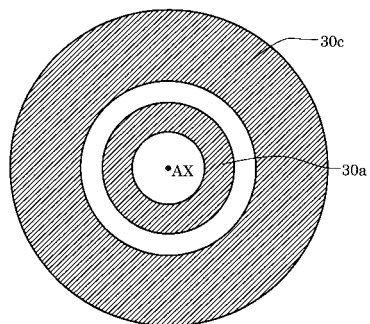
【図 3】



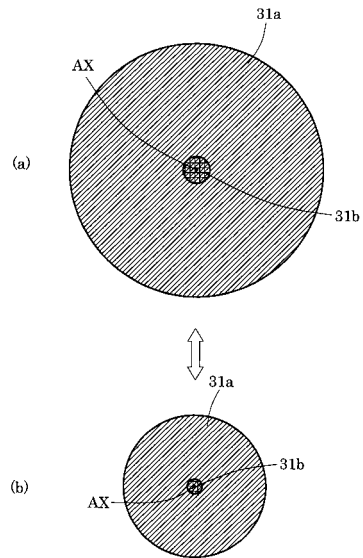
【図 5】



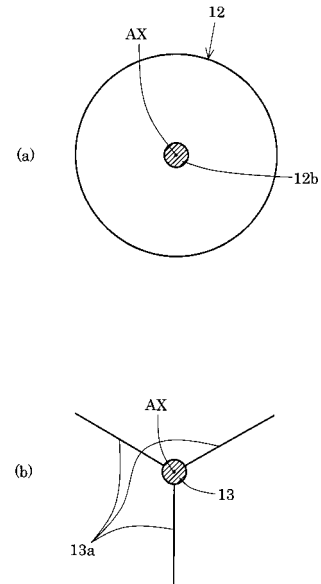
【図 4】



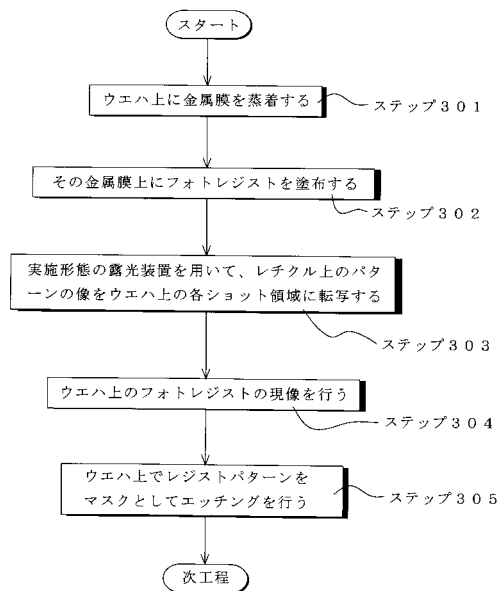
【図 6】



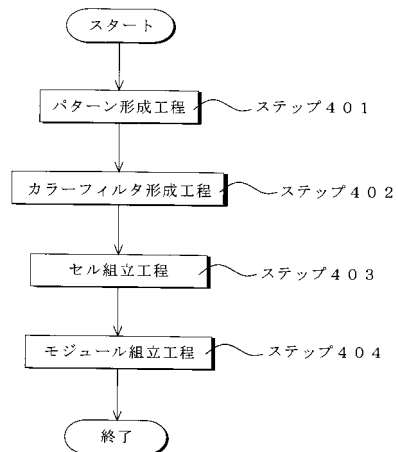
【図 7】



【図 8】



【図 9】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2002-158157(JP,A)
特開2001-338861(JP,A)
特開2001-284240(JP,A)
特開2005-243904(JP,A)
特開2001-176766(JP,A)
特開平08-203801(JP,A)
特開平05-160002(JP,A)
特開2004-207735(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 21/027
G02B 13/24