

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4366948号
(P4366948)

(45) 発行日 平成21年11月18日(2009.11.18)

(24) 登録日 平成21年9月4日(2009.9.4)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 1 5 D
 GO 3 F 7/20 (2006.01) GO 3 F 7/20 5 2 1

請求項の数 6 (全 14 頁)

(21) 出願番号	特願2003-35936 (P2003-35936)	(73) 特許権者	000004112 株式会社ニコン
(22) 出願日	平成15年2月14日(2003.2.14)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
(65) 公開番号	特開2004-247527 (P2004-247527A)	(74) 代理人	100095256 弁理士 山口 孝雄
(43) 公開日	平成16年9月2日(2004.9.2)	(72) 発明者	木村 陽子 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
審査請求日	平成17年10月20日(2005.10.20)	(72) 発明者	水野 恭志 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】

光源からの光束に基づいて被照射面を照明する照明光学装置において、
 前記被照射面と光学的にフーリエ変換の関係にある照明瞳面から距離 d (mm) だけ間隔を隔てて配置されて、前記照明瞳面に形成される二次光源内の光強度分布ムラを補正するために、前記二次光源を形成する光束または前記二次光源からの光束の光強度分布を補正する補正手段を備え、前記距離 d は、

$$0.01 < 1/d < 2$$

の条件を満足し、

前記補正手段は、前記二次光源を形成する光束または前記二次光源からの光束の周辺部を部分的に遮光するための遮光部材を有し、

前記遮光部材は、光軸と交差する面に沿って移動可能で且つ所定の遮光率分布を有することを特徴とする照明光学装置。

【請求項2】

前記光源と前記被照射面との間の光路中に配置されたオプティカルインテグレータをさらに備え、

前記補正手段は、前記オプティカルインテグレータと前記被照射面との間の光路中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】

前記照明瞳面に配置されて前記二次光源の形状または大きさを規定するための開口絞リ

10

20

をさらに備え、

前記補正手段は前記開口絞りよりも被照射面側に配置されてい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】

所定のパターンが形成されたマスクを照明するための請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置と、前記マスクのパターン像を感光性基板上に形成するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置。

【請求項 5】

請求項 1 乃至 3 のいずれか 1 項に記載の照明光学装置を介してマスクを照明し、照明された前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感光性基板上に露光することを特徴とする露光方法。

10

【請求項 6】

請求項 5 に記載の露光方法を用いてパターンを照明し、照明されたパターンを感光性基板上に露光する露光工程と、

露光された前記感光性基板を現像する現像工程とを有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

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関する。

20

【0002】

【従来の技術】

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（またはマイクロフライアイレンズなど）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】

30

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】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、たとえば投影光学系を構成する光学部材の製造誤差などに起因して、照明瞳面と共役な投影光学系の射出瞳（投影光学系の瞳面）に形成される光強度分布にムラが発生し、その結果として、被照射面であるウェハへ入射する光束の角度方向の光強度分布ムラが発生することがある。

40

【0005】

この場合、ウェハへ入射する光束の角度方向の光強度分布ムラにより投影光学系の結像性能が悪化し、ウェハ上に実際に形成されるパターンの線幅が所望の線幅と実質的に異なってしまう現象（本来所定の線幅に形成されるべきパターンの線幅が実際には位置に依存して変動する現象）、すなわち線幅異常が発生するという不都合があった。

【0006】

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、照明瞳面に形成される二次光源内の光強度分布ムラを良好に補正して、被照射面へ入射する光束の角度方向の光強度分布を均一化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。また、本発明は、被照

50

射面へ入射する光束の角度方向の光強度分布を均一化することのできる照明光学装置を用いて、線幅異常が実質的に発生することのない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。

【0007】

【課題を解決するための手段】

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

前記被照射面と光学的にフーリエ変換の関係にある照明瞳面から距離 d (mm) だけ間隔を隔てて配置されて、前記照明瞳面に形成される二次光源内の光強度分布ムラに応じて、前記二次光源を形成する光束または前記二次光源からの光束の光強度分布を補正するための補正手段を備え、前記距離 d は、

$$0.01 < 1/d < 2$$

の条件を満足することを特徴とする照明光学装置を提供する。

【0008】

第1形態の好ましい態様によれば、前記補正手段は、所定の透過率分布を有する補正フィルターを有する。この場合、前記補正手段は、互いに異なる透過率分布を有する複数の前記補正フィルターを有し、前記複数の補正フィルターは、前記二次光源内の光強度分布ムラに応じて照明光路に対して切り換え可能に構成されていることが好ましい。

【0009】

あるいは、第1形態の好ましい態様によれば、前記補正手段は、第1の透過率分布を有する第1補正フィルターと、第2の透過率分布を有する第2補正フィルターとを有し、前記第1補正フィルターと前記第2補正フィルターとは光軸に沿って互いに近接して配置され、前記光軸または前記光軸と平行な軸線を中心としてそれぞれ回転可能に構成されている。この場合、前記第1補正フィルターおよび前記第2補正フィルターは前記光軸と交差する面に沿ってそれぞれ移動可能に構成されていることが好ましい。また、前記補正手段は、複数組の前記第1補正フィルターおよび前記第2補正フィルターを有し、前記複数組の第1補正フィルターおよび第2補正フィルターは、前記二次光源内の光強度分布ムラに応じて照明光路に対して切り換え可能に構成されていることが好ましい。

【0010】

あるいは、第1形態の好ましい態様によれば、前記補正手段は、前記二次光源を形成する光束または前記二次光源からの光束の周辺部を部分的に遮光するための遮光部材を有する。この場合、前記遮光部材は、光軸と交差する面に沿って移動可能で且つ所定の遮光率分布を有することが好ましい。

【0011】

第1形態の好ましい態様によれば、前記光源と前記被照射面との間の光路中に配置されたオプティカルインテグレータをさらに備え、前記補正手段は、前記オプティカルインテグレータと前記被照射面との間の光路中に配置されている。また、前記照明瞳面に配置されて前記二次光源の形状または大きさを規定するための開口絞りをさらに備え、前記補正手段は前記開口絞りよりも被照射面側に配置されていることが好ましい。

【0012】

本発明の第2形態では、所定のパターンが形成されたマスクを照明するための第1形態の照明光学装置と、前記マスクのパターン像を感光性基板上に形成するための投影光学系とを備えていることを特徴とする露光装置を提供する。この場合、前記投影光学系の瞳面における光強度分布を計測するための計測手段と、前記瞳面における光強度分布の計測結果に応じて前記複数の補正フィルターまたは前記複数組の第1補正フィルターおよび第2補正フィルターを切り換えるための切り換え手段とをさらに備えていることが好ましい。

【0013】

本発明の第3形態では、第1形態の照明光学装置を介してマスクを照明し、照明された前記マスクに形成されたパターンを投影光学系を介して感光性基板上に露光することを特徴とする露光方法を提供する。この場合、前記投影光学系の瞳面における光強度分布を計測

10

20

30

40

50

する計測工程と、前記瞳面における光強度分布の計測結果に応じて前記複数の補正フィルターまたは前記複数組の第1補正フィルターおよび第2補正フィルターを切り換える切り換え工程とをさらに含むことが好ましい。

【0014】

【発明の実施の形態】

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照明光学装置を備えた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Y軸を、ウェハWに平行な面内において互いに直交する2つの方向に沿ってX軸およびZ軸をそれぞれ設定している。なお、図1では、照明光学装置が通常の円形照明を行うように設定されている。

10

【0015】

本実施形態の露光装置は、露光光（照明光）を供給するためのレーザ光源1を備えている。レーザ光源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。レーザ光源1から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形状の断面を有し、一对のレンズ2aおよび2bからなるビームエキスパンダ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。したがって、ビームエキスパンダ2に入射した光束は、図1の紙面内において拡大され、所定の矩形形状の断面を有する光束に整形される。

20

【0016】

整形光学系としてのビームエキスパンダ2を介したほぼ平行な光束は、円形照明用の回折光学素子3を介して、ズームレンズ4に入射する。ズームレンズ4の後側焦点面の近傍には、マイクロフライアイレンズ（またはフライアイレンズ）5の入射面が位置決めされている。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、回折光学素子3は、光軸AXに沿って入射した矩形形状の平行光束を、円形状の断面を有する発散光束に変換する。

【0017】

回折光学素子3は、照明光路に対して挿脱自在に構成され、且つ輪帯照明用の回折光学素子3aや4極照明用の回折光学素子3bと切り換え可能に構成されている。ここで、円形照明用の回折光学素子3と輪帯照明用の回折光学素子3aと4極照明用の回折光学素子3bとの間の切り換えは、制御系20からの指令に基づいて動作する第1駆動系21により行われる。また、ズームレンズ4の焦点距離の変化は、制御系20からの指令に基づいて動作する第2駆動系22により行われる。

30

【0018】

マイクロフライアイレンズ5は、縦横に且つ稠密に配列された多数の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。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、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トである。

40

【0019】

こうして、回折光学素子3を介した光束は、ズームレンズ4を介して、マイクロフライアイレンズ5の入射面に、たとえば光軸AXを中心とする円形状の照野を形成する。ここで、形成される円形状の照野の大きさ（すなわちその直径）は、ズームレンズ4の焦点距離に依存して変化する。マイクロフライアイレンズ5に入射した光束は多数の微小レンズに

50

より二次元的に分割され、光束が入射した各微小レンズの後側焦点面には光源がそれぞれ形成される。こうして、マイクロフライアイレンズ5の後側焦点面には、マイクロフライアイレンズ5への入射光束によって形成される円形状の照野とほぼ同じ光強度分布を有する円形状の実質的な面光源（以下、「二次光源」という）が形成される。

【0020】

マイクロフライアイレンズ5の後側焦点面に形成された円形状の二次光源からの光束は、その近傍に配置された開口絞り6に入射する。開口絞り6は、マスクM（ひいてはウェハW）と光学的にフーリエ変換の関係にある照明瞳面に配置されて二次光源の形状または大きさを規定する機能を有する。円形状の開口部（光透過部）を有する開口絞り6を介した二次光源からの光は、補正フィルター7を介して、コンデンサー光学系8の集光作用を受けた後、マスクM（ひいてはウェハW）と光学的に共役な面に配置されたマスクブラインド9を重疊的に照明する。補正フィルター7は、互いに異なる透過率分布を有する複数の補正フィルター7aから選択されて照明光路中に位置決めされる。

10

【0021】

複数の補正フィルター7aの照明光路に対する切り換えは、制御系20からの指令に基づいて動作する第3駆動系23により行われる。なお、補正フィルター7の構成および作用については後述する。こうして、マスクブラインド9には、マイクロフライアイレンズ5を構成する各微小レンズの形状と相似な矩形形状の照野が形成される。マスクブラインド9の矩形形状の開口部（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を重疊的に照明する。

20

【0022】

このように、結像光学系10は、マスクブラインド9の矩形形状の開口部の像を、マスクステージMSにより支持されたマスクM上に形成することになる。すなわち、マスクブラインド9は、マスクM（ひいてはウェハW）上に形成される照明領域を規定するための視野絞りを構成している。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、感光性基板であるウェハ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PLの光軸AXと直交する平面（XZ平面）内において、ウェハステージWSにより支持されたウェハ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。

【0023】

一括露光では、いわゆるステップ・アンド・リピート方式にしたがって、ウェハの各露光領域に対してマスクパターンを一括的に露光する。この場合、マスクM上での照明領域の形状は正方形に近い矩形形状であり、マイクロフライアイレンズ5の各微小レンズの断面形状も正方形に近い矩形形状となる。一方、スキャン露光では、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式にしたがって、マスクおよびウェハを投影光学系に対して相対移動させながらウェハの各露光領域に対してマスクパターンをスキャン露光する。この場合、マスクM上での照明領域の形状は短辺と長辺との比がたとえば1:3の矩形形状であり、マイクロフライアイレンズ5の各微小レンズの断面形状もこれと相似な矩形形状となる。

30

【0024】

なお、本実施形態の露光装置には、投影光学系PLの瞳面における光強度分布を計測するための計測手段としての光強度分布測定装置24が設けられている。光強度分布測定装置24に関する詳細については、たとえばWO99/36832号公報、特開平11-317349号公報、特開2000-19012号公報、特開2002-110540号公報などを参照することができる。光強度分布測定装置24で計測された投影光学系PLの瞳面における光強度分布情報は、制御系20に供給される。

40

【0025】

なお、回折光学素子3に代えて回折光学素子3aを照明光路中に設定することによって輪帯照明を行うことができる。輪帯照明用の回折光学素子3aは、光軸AXに沿って入射した矩形形状の平行光束を、輪帯状の断面を有する発散光束に変換する。したがって、回折光学素子3aを介した光束は、マイクロフライアイレンズ5の入射面に、たとえば光軸AX

50

を中心とした輪帯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 5 の後側焦点面にも、その入射面に形成された輪帯状の照野とほぼ同じ光強度分布を有する輪帯状の二次光源が形成される。

【 0 0 2 6 】

また、回折光学素子 3 や 3 a に代えて回折光学素子 3 b 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 3 b は、光軸 A X に沿って入射した矩形の平行光束を、4 極状の断面を有する発散光束に変換する。したがって、回折光学素子 3 b を介した光束は、マイクロフライアイレンズ 5 の入射面に、たとえば光軸 A X を中心とした 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 5 の後側焦点面にも、その入射面に形成された 4 極状の照野とほぼ同じ光強度分布を有する 4 極状の二次光源が形成される。

10

【 0 0 2 7 】

図 2 は、図 1 のマイクロフライアイレンズとコンデンサー光学系との間の光路中に配置される補正フィルターと照明瞳面との位置関係を説明する図である。図 2 を参照すると、補正フィルター 7 は、マイクロフライアイレンズ 5 とコンデンサー光学系 8 との間の光路中において、マスク M (ひいてはウェハ W) と光学的にフーリエ変換の関係にある照明瞳面に配置された開口絞り 6 の近傍に配置されている。

【 0 0 2 8 】

具体的には、補正フィルター 7 は、開口絞り 6 よりもマスク側 (コンデンサー光学系 8 側) において、開口絞り 6 から距離 d (mm) だけ間隔を隔てて配置されている。また、補正フィルター 7 は、たとえば石英ガラスのような光学材料により形成された平行平板状の光学部材である。そして、たとえばクロムなどの微小ドットパターンの濃密によって表現された所定の透過率分布を持つ補正面が、補正フィルター 7 の光源側 (マイクロフライアイレンズ 5 側) に形成されている。

20

【 0 0 2 9 】

図 3 は、投影光学系の瞳面において傾斜成分を含む光強度分布ムラが発生している状態、および光強度分布ムラの傾斜成分を補正するための補正フィルターに形成された透過率分布を模式的に示す図である。図 3 (a) において、縦軸は光強度 I であり、横軸は投影光学系 P L の瞳面において光軸 A X を原点とする光強度分布の傾斜方向に沿った位置座標 r である。また、図 3 (b) において、縦軸は透過率 T であり、横軸は投影光学系 P L の瞳面における位置座標 r と光学的に対応する補正フィルター 7 の補正面 (透過率分布が形成されている面) における位置座標 R である。

30

【 0 0 3 0 】

図 3 (a) に示すように、たとえば投影光学系 P L を構成する光学部材の製造誤差などに起因して、投影光学系 P L の瞳面において傾斜成分 (位置座標 r の 1 次関数にしたがって定義される成分) を含む光強度分布ムラが発生することがある。投影光学系 P L とマイクロフライアイレンズ 5 との間に介在する光学部材の影響を無視できる場合、投影光学系 P L の瞳面と光学的に共役な位置関係にある照明瞳面 (開口絞りが配置されている位置) に形成される二次光源においても、投影光学系 P L の瞳面と同様な光強度分布ムラが発生していることになる。

40

【 0 0 3 1 】

そこで、本実施形態では、投影光学系 P L の瞳面における光強度分布ムラの傾斜成分を補正するために、互いに異なる透過率分布を有する複数の補正フィルター 7 a から、図 3 (b) に示すような傾斜成分を含む透過率分布 $T(R)$ を有する補正フィルター 7 を選択して、投影光学系 P L の瞳面と光学的に共役な位置関係にある照明瞳面の近傍に (照明瞳面から距離 d (mm) だけ間隔を隔てた位置に) 位置決めする。

【 0 0 3 2 】

図 3 (b) に示す透過率分布 $T(R)$ は、次の式 (1) により表わされる。

$$T(R) = (1 - D) / \{ 1 - D / 2 (1 + R / R_{\max}) \} \quad (1)$$

式 (1) において、 D は最大透過率と最小透過率との差である。図 3 (b) に示す透過率

50

分布 $T(R)$ では、 $R = R_{\max}$ の位置において透過率 T が最大で 1 であり、 $R = -R_{\max}$ の位置において透過率 T が最小で $(1 - D)$ である。なお、本実施形態では、図 3 を参照して説明したような傾斜成分を有する補正フィルターに限定されることなく、様々な形態の透過率分布を有する複数の補正フィルターを備えている。

【0033】

本実施形態では、必要に応じて、補正フィルター 7 を照明光路から退避させた状態で、計測手段としての光強度分布測定装置 24 を用いて、投影光学系 PL の瞳面における光強度分布を計測する。そして、投影光学系 PL の瞳面における光強度分布ムラに応じて（すなわち投影光学系 PL の瞳面と光学的に共役な位置関係にある照明瞳面に形成される二次光源内の光強度分布ムラに応じて）、フィルター切り換え手段としての制御系 20 および第 3 駆動系 23 を用いて、互いに異なる透過率分布を有する複数の補正フィルター 7a から、所要の透過率分布を有する補正フィルター 7 を選択して照明光路中に位置決めする。

10

【0034】

このように、本実施形態では、投影光学系 PL の瞳面と光学的に共役な位置関係にある（マスク M（ひいてはウェハ W）と光学的にフーリエ変換の関係にある）照明瞳面の近傍に配置されて所要の透過率分布を有する補正フィルター 7 の作用により、二次光源からの光束の光強度分布を補正して、ひいては投影光学系 PL の瞳面における光強度分布ムラを良好に補正し、ウェハ W へ入射する光束の角度方向の光強度分布を均一化することができる。その結果、本実施形態では、線幅異常が実質的に発生することのない良好な露光を行うことができ、ひいては良好なマイクロデバイスを製造することができる。

20

【0035】

本実施形態では、補正フィルター 7 と開口絞り 6（照明瞳面）との距離 d （mm）は、次の条件式（2）を満足する。

$$0.01 < 1/d < 2 \quad (2)$$

条件式（2）の下限値を下回ると、補正フィルター 7 が照明瞳面から離れすぎて、補正フィルター 7 の作用により投影光学系 PL の瞳面に形成すべき所望の光強度分布を実現することが困難になってしまう。一方、条件式（2）の上限値を上回ると、補正フィルター 7 が照明瞳面に近付きすぎて、照明瞳面に形成される多数の点光源（二次光源）におけるエネルギー集中の影響により、補正フィルター 7 のガラス基板またはコートが損傷を受け易くなってしまふ。

30

【0036】

なお、上述の実施形態では、所定の透過率分布を有する補正面が補正フィルター 7 の光源側に形成されているが、これに限定されることなく、補正フィルター 7 のマスク側に補正面を形成することもできる。また、補正フィルター 7 を開口絞り 6 よりもマスク側に配置しているが、マイクロフライアイレンズ 5 の結像性能に対して補正フィルター 7 が実質的な悪影響を及ぼさない限り、またドットパターンの回折現象が実質的な悪影響を及ぼさない限りにおいて、補正フィルター 7 を開口絞り 6 よりも光源側に配置することもできる。この場合、補正フィルター 7 の作用により、二次光源を形成する光束の光強度分布を補正して、投影光学系 PL の瞳面における光強度分布ムラを良好に補正することになる。

【0037】

ところで、上述の実施形態では、マスク M と光学的にフーリエ変換の関係にある照明瞳面（マイクロフライアイレンズ 5 の後側焦点面）における光強度分布（二次光源の形状および大きさ）を変化させて照明条件を切り換えるが、この照明条件の切り換えに応じて投影光学系 PL の瞳面において光強度分布ムラが発生することが考えられる。この場合、照明条件の切り換えに応じて、複数の補正フィルター 7a を照明光路に対して切り換えることもできる。

40

【0038】

また、上述の実施形態では、投影光学系 PL の瞳面における光強度分布ムラに応じて複数の補正フィルター 7a を照明光路に対して切り換えているが、投影光学系 PL の瞳面における光強度分布が時間の経過に伴って実質的に変化しない場合や、投影光学系 PL の瞳面

50

における光強度分布が照明条件の切り換えに伴って実質的に変化しない場合には、所定の透過率分布を有する補正フィルター7を照明光路中に固定的に位置決めすることもできる。

【0039】

また、上述の実施形態では、補正フィルター7を開口絞り6の近傍に配置しているが、マスクブラインド9とマスクMとの光学的な共役関係に対して補正フィルター7が実質的な悪影響を及ぼさない限り、またドットパターンの回折現象が実質的な悪影響を及ぼさない限りにおいて、補正フィルター7を結像光学系10の光路中においてマスクM（ひいてはウェハW）と光学的にフーリエ変換の関係にある位置の近傍に配置することもできる。

【0040】

ところで、上述の実施形態では、照明瞳面の近傍に補正フィルター7を単体で配置しているが、第1の透過率分布を有する第1補正フィルターと、第2の透過率分布を有する第2補正フィルターとを、光軸に沿って互いに近接した状態で照明瞳面の近傍に配置する変形例も可能である。一对の補正フィルターを用いる第1変形例では、第1補正フィルターおよび第2補正フィルターが光軸（または光軸と平行な軸線）を中心としてそれぞれ回転可能に構成されている。

【0041】

図4は、第1変形例で用いられる一对の補正フィルターの作用を模式的に説明する第1の図である。また、図5は、第1変形例で用いられる一对の補正フィルターの作用を模式的に説明する第2の図である。図4および図5において、領域aは透過率が0.98から1の範囲で変化する領域、領域bは透過率が0.96から0.98の範囲で変化する領域、領域cは透過率が0.94から0.96の範囲で変化する領域、領域dは透過率が0.92から0.94の範囲で変化する領域、領域eは透過率が0.90から0.92の範囲で変化する領域である。

【0042】

また、領域fは透過率が0.88から0.90の範囲で変化する領域、領域gは透過率が0.86から0.88の範囲で変化する領域、領域hは透過率が0.84から0.86の範囲で変化する領域、領域iは透過率が0.82から0.84の範囲で変化する領域、領域jは透過率が0.80から0.82の範囲で変化する領域である。図4および図5に示す例において、第1補正フィルターおよび第2補正フィルターはともに、透過率が0.9から1まで一方向に沿って変化する分布を有する。

【0043】

具体的に、図4(a)は、第1補正フィルターおよび第2補正フィルターを透過率の変化方向が図中水平になるように同じ配置にした場合に得られる合成透過率分布を示している。図4(a)に示す状態では、透過率が0.8から1まで水平方向に沿って変化する合成透過率分布が得られる。図4(b)は、図4(a)の状態から第1補正フィルターを反時計回りに65度回転させ且つ第2補正フィルターを時計回りに65度回転させた場合に得られる合成透過率分布を示している。図4(b)に示す状態では、透過率が約0.86から約0.96まで水平方向に沿って変化する合成透過率分布が得られる。

【0044】

図4(c)は、図4(a)の状態から第1補正フィルターを反時計回りに80度回転させ且つ第2補正フィルターを時計回りに80度回転させた場合に得られる合成透過率分布を示している。図4(c)に示す状態では、透過率が約0.88から約0.92まで水平方向に沿って変化する合成透過率分布が得られる。図5(a)は、図4(a)の状態から第1補正フィルターを反時計回りに90度回転させ且つ第2補正フィルターを時計回りに90度回転させた場合に得られる合成透過率分布を示している。図5(a)に示す状態では、透過率が約0.9の様な合成透過率分布が得られる。

【0045】

図5(b)は、図4(a)の状態から第1補正フィルターを反時計回りに110(65+45)度回転させ且つ第2補正フィルターを時計回りに20(-65+45)度回転させ

10

20

30

40

50

た場合に得られる合成透過率分布を示している。換言すれば、図5(b)は、図4(b)の状態から第1補正フィルターと第2補正フィルターと反時計回りに45度だけ一体的に回転させた場合に得られる合成透過率分布を示している。図5(b)に示す状態では、図4(b)に示す合成透過率分布を反時計回りに45度回転させた合成透過率分布が得られる。

【0046】

以上のように、第1変形例では、一对の補正フィルターを相対的に回転させることにより様々な範囲に亘って変化する合成透過率分布を得ることができる。また、一对の補正フィルターを一体的に回転させることにより様々な方向に沿って変化する合成透過率分布を得ることができる。さらに、必要に応じて、一对の補正フィルターを光軸と交差する方向(典型的には光軸と直交する方向)に沿って相対的にまたは一体的に移動させることにより、多様に变化する合成透過率分布を得ることができる。

10

【0047】

なお、図4および図5を参照した上述の説明では、透過率が一方向に沿って線形的に変化する透過率分布を有する一对の補正フィルターを用いているが、一般に互いに同じ任意の透過率分布を有する一对の補正フィルターまたは互いに異なる任意の透過率分布を有する一对の補正フィルターを用いて、さらに様々な形態にしたがって変化する合成透過率分布を得ることができる。また、複数組の第1補正フィルターおよび第2補正フィルターを備え、複数組の第1補正フィルターおよび第2補正フィルターを照明光路に対して切り換えることにより(複数組から1組の第1補正フィルターおよび第2補正フィルターを選択して照明光路中に位置決めすることにより)、さらに多様に变化する合成透過率分布を得ることができる。

20

【0048】

なお、上述の実施形態および第1変形例では、照明瞳面の近傍に補正フィルター7を配置しているが、二次光源を形成する光束または二次光源からの光束の周辺部を部分的に遮光するための遮光部材を照明瞳面の近傍に配置する第2変形例も可能である。図6は、第2変形例で用いられる遮光部材の要部構成を概略的に示す図である。第2変形例で用いられる遮光部材70は、図6に示すように、図中水平方向に沿って移動可能な一对の羽根部材70aおよび70bと、図中鉛直方向に沿って移動可能な一对の羽根部材70cおよび70dとを備えている。

30

【0049】

ここで、各羽根部材は、たとえば石英ガラス基板にアルミニウムやクロムのような遮光薄膜を形成することにより構成されている。あるいは、各羽根部材は、たとえば石英ガラス基板にクロムなどの微小ドットパターンの濃密によって表現された所定の遮光率分布を形成することにより構成されている。このように、遮光部材70を用いて二次光源を形成する光束または二次光源からの光束の周辺部を部分的に遮光することにより、補正フィルターを用いる場合と同様に、投影光学系PLの瞳面における光強度分布ムラを補正することができる。なお、第2変形例の遮光部材を、上述の実施形態の補正フィルターまたは第1変形例の一对の補正フィルターと併用することもできる。

【0050】

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7のフローチャートを参照して説明する。

40

【0051】

先ず、図7のステップ301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

50

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。

【0052】

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8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8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。

【0053】

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。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。

【0054】

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。

【0055】

なお、上述の実施形態では、露光光としてKrFエキシマレーザー光（波長：248nm）やArFエキシマレーザー光（波長：193nm）を用いているが、これに限定されることなく、他の適当なレーザー光源、たとえば波長157nmのレーザー光を供給するF₂レーザー光源や、レーザー光源以外の光源、例えばi線やg線、h線等の紫外光を供給するランプ光源に対して本発明を適用することもできる。

【0056】

また、上述の実施形態では、図1に示すような特定の構成を有する照明光学装置に対して本発明を適用しているが、照明光学装置の具体的な構成については様々な変形例が可能である。たとえば、上述の実施形態における第1インテグレートとしての回折光学素子3から第2インテグレートとしてのマイクロフライアイレンズ5までの光学系を、特開2001-85293号公報や特開2002-231619号公報に開示された対応部分の光学系で置換して得られる照明光学装置に対して本発明を適用することもできる。

【0057】

また、上述の実施形態では、照明光学装置を備えた投影露光装置を例にとって本発明を説明したが、マスク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ができることは明らかである。

【 0 0 5 8 】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明の照明光学装置では、たとえば被照射面と光学的にフーリエ変換の関係にある照明瞳面の近傍に配置されて所要の透過率分布を有する補正フィルターの作用により、二次光源を形成する光束または二次光源からの光束の光強度分布を補正し、ひいては照明瞳面に形成される二次光源内の光強度分布ムラを良好に補正し、被照射面へ入射する光束の角度方向の光強度分布を均一化することができる。したがって、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、線幅異常が実質的に発生することのない良好な露光を行うことができ、ひいては良好なマイクロデバイスを製造することができる。

10

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施形態にかかる照明光学装置を備えた露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図 2】図 1 のマイクロフライアイレンズとコンデンサー光学系との間の光路中に配置される補正フィルターと照明瞳面との位置関係を説明する図である。

【図 3】投影光学系の瞳面において傾斜成分を含む光強度分布ムラが発生している状態、および光強度分布ムラの傾斜成分を補正するための補正フィルターに形成された透過率分布を模式的に示す図である。

20

【図 4】第 1 変形例で用いられる一対の補正フィルターの作用を模式的に説明する第 1 の図である。

【図 5】第 1 変形例で用いられる一対の補正フィルターの作用を模式的に説明する第 2 の図である。

【図 6】第 2 変形例で用いられる遮光部材の要部構成を概略的に示す図である。

【図 7】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 8】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。

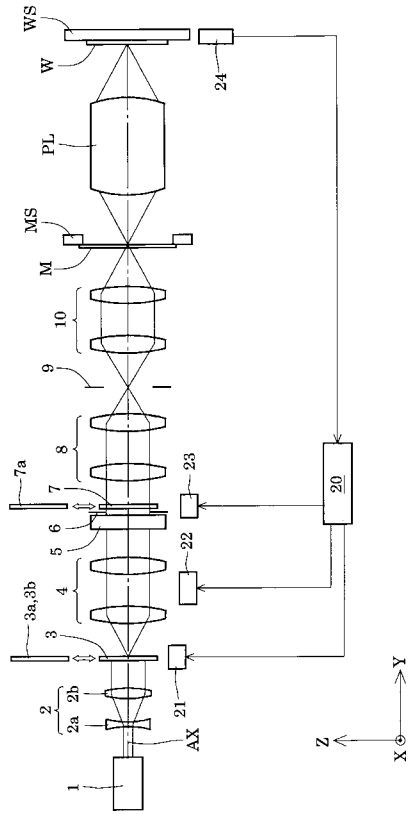
30

【符号の説明】

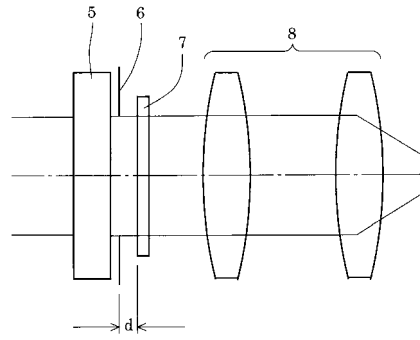
- 1 レーザ光源
- 3 回折光学素子
- 4 ズームレンズ
- 5 マイクロフライアイレンズ
- 7 補正フィルター
- 8 コンデンサー光学系
- 9 マスクブラインド
- 10 結像光学系
- 20 制御系
- 21 ~ 23 駆動系
- 24 光強度分布測定装置
- 70 遮光部材
- M マスク
- MS マスクステージ
- PL 投影光学系
- W ウェハ
- WS ウェハステージ

40

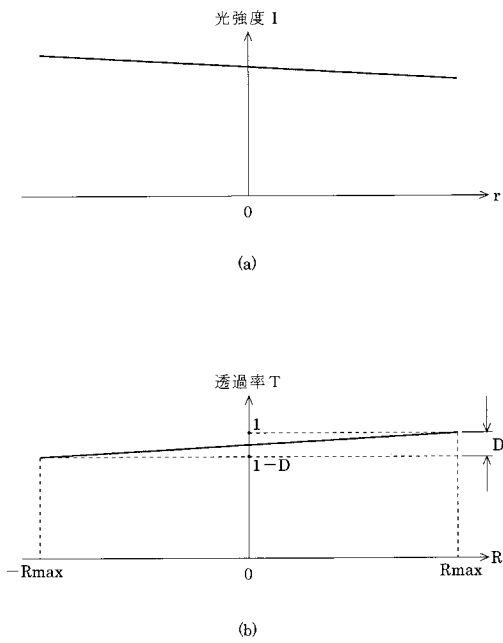
【図1】



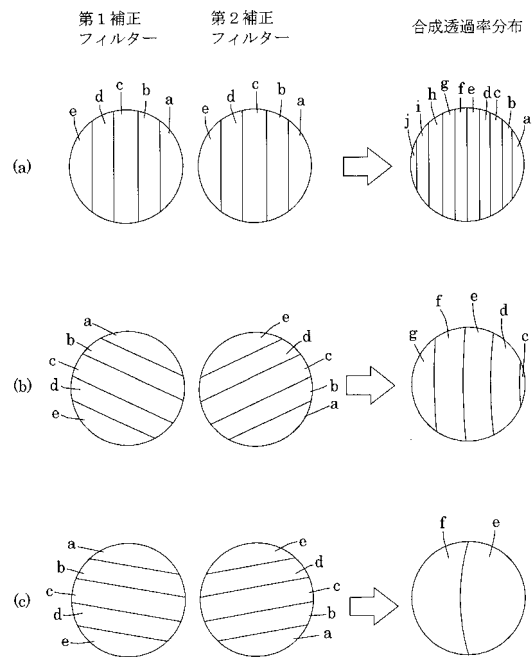
【図2】



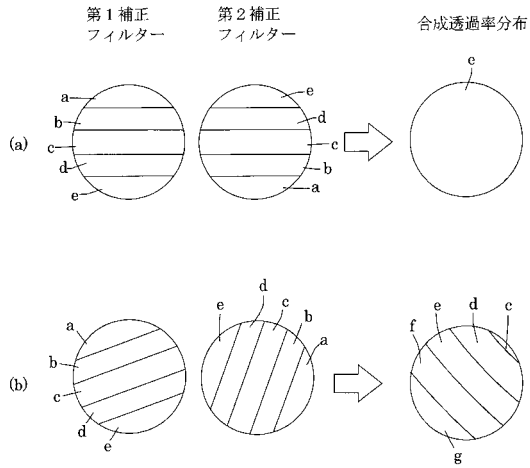
【図3】



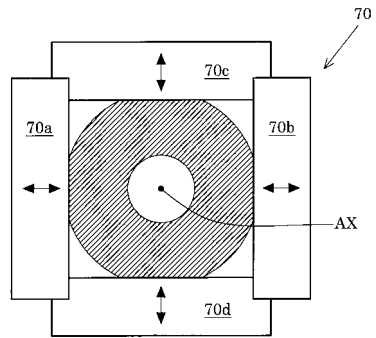
【図4】



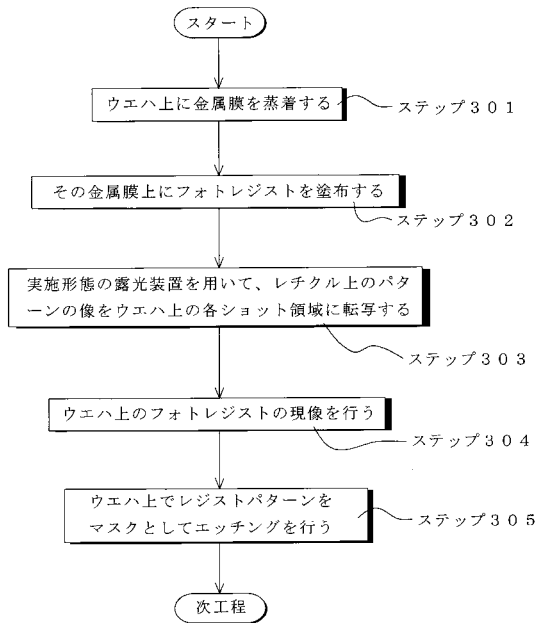
【図5】



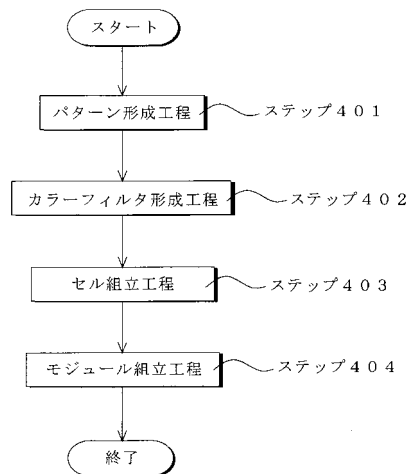
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2002-100561(JP,A)
特開平05-259035(JP,A)
特開平06-349712(JP,A)
特開2001-135564(JP,A)
特開平08-227844(JP,A)
特開平11-317348(JP,A)
国際公開第00/057459(WO,A1)
特開2002-305137(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20