

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号
特許第4822417号
(P4822417)

(45) 発行日 平成23年11月24日 (2011.11.24)

(24) 登録日 平成23年9月16日 (2011.9.16)

(51) Int.Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006.01)

GO 3 F 7/20 (2006.01)

HO 1 L 21/30 5 3 1 A

GO 3 F 7/20 5 0 3

請求項の数 4 (全 11 頁)

(21) 出願番号	特願2005-507991 (P2005-507991)	(73) 特許権者	000004112
(86) (22) 出願日	平成16年1月9日 (2004.1.9)		株式会社ニコン
(86) 国際出願番号	PCT/JP2004/000129		東京都千代田区有楽町1丁目12番1号
(87) 国際公開番号	W02004/064128	(74) 代理人	100095256
(87) 国際公開日	平成16年7月29日 (2004.7.29)		弁理士 山口 孝雄
審査請求日	平成18年10月17日 (2006.10.17)	(72) 発明者	小松田 秀基
審判番号	不服2010-17789 (P2010-17789/J1)		東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株
審判請求日	平成22年8月6日 (2010.8.6)		式会社ニコン内
(31) 優先権主張番号	特願2003-3868 (P2003-3868)		
(32) 優先日	平成15年1月10日 (2003.1.10)	合議体	
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	審判長	北川 清伸
		審判官	伊藤 幸仙
		審判官	村田 尚英

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 露光装置および露光方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定のパターンが形成された反射型のマスクを照明するための照明系と、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、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を所定方向に沿って相対移動させて前記マスクのパターンを前記感光性基板上へ投影露光する露光装置において、

前記照明系は、前記マスクに近接して配置されて前記マスク上における照明領域を規定するための視野絞りをも有し、

前記マスクと前記視野絞りとの間隔を i_n とし、前記投影光学系のマスク側の開口数を NA とし、前記視野絞りの開口部の前記所定方向に沿った幅寸法を w とし、前記マスクを照明する照明光の主光線の前記マスクへの入射角 (rad) を a_n とするとき、

$$i_n < 0.5 \times w / (2 \times NA + a_n)$$

の条件を満足することを特徴とする露光装置。

【請求項 2】

請求の範囲第 1 項に記載の露光装置において、

前記マスクと前記視野絞りとの間隔 i_n は、

$$w / (200 \times NA) < i_n$$

の条件を満足することを特徴とする露光装置。

【請求項 3】

所定のパターンが形成された反射型のマスクを照明する照明工程と、投影光学系に対して

前記マスクおよび感光性基板を所定方向に沿って相対移動させて前記マスクのパターンを前記感光性基板上へ投影露光する露光工程とを含む露光方法において、

前記照明工程は、前記マスクに近接して配置された視野絞りを介して前記マスク上における照明領域を規定する照明領域規定工程を含み、

前記照明領域規定工程では、前記マスクと前記視野絞りとの間隔を i_n とし、前記投影光学系のマスク側の開口数を NA とし、前記視野絞りの開口部の前記所定方向に沿った幅寸法を w とし、前記マスクを照明する照明光の主光線の前記マスクへの入射角 (rad) を a_n とするとき、

$$i_n < 0.5 \times w / (2 \times NA + a_n)$$

の条件を満足することを特徴とする露光方法。

10

【請求項4】

請求の範囲第3項に記載の露光方法において、

前記マスクと前記視野絞りとの間隔 i_n は、

$$w / (200 \times NA) < i_n$$

の条件を満足することを特徴とする露光方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

本発明は、露光装置および露光方法に関し、特に $5 \sim 40 \text{ nm}$ 程度の波長を有する EUV 光を用いて半導体素子などのマイクロデバイスをフォトリソグラフィ工程で製造するのに好適な露光装置に関するものである。

20

【背景技術】

この種の露光装置では、転写すべき回路パターンの微細化に伴って解像力の一層の向上が要求されており、露光光としてより短波長の光を用いるようになってきている。なお、本明細書における「光」とは、目で見える狭義の「光」だけではなく、電磁波のうち 1 mm よりも短い波長を有する、いわゆる赤外線から X 線までを含む広義の「光」を意味する。近年、次世代装置として、 $5 \sim 40 \text{ nm}$ 程度の波長を有する EUV (Extreme Ultraviolet) 光を用いる露光装置（以下、「EUVL (Extreme Ultraviolet Lithography: 極紫外リソグラフィ) 露光装置」という）が提案されている。

このように非常に短い EUV 光の波長域では、屈折光学部材として十分な透過率を有する物質が現存しないため、反射光学部材のみで構成された反射型の投影光学系を用いることになる。なお、EUVL 露光装置では、透過型のマスクではなく反射型のマスクを用いるため、照明光をマスクに対して斜めから入射させる必要がある。これは、反射型のマスクに対して照明光を垂直入射させると、マスクに入射する照明光の光路とマスクで反射されて投影光学系へ向かう照明光の光路とが重なり合い、マスクを照明する照明系の光学部材が投影光学系の光路を遮るか、あるいは投影光学系の光学部材が照明系の光路を遮るからである。

30

また、EUVL 露光装置では、反射型の投影光学系を介して細長い円弧状の実効露光領域（すなわち静止露光領域）しか得られないので、投影光学系に対してマスクおよび感光性基板（ウェハなど）を相対移動させつつマスクパターンを感光性基板上へスキャン露光（走査露光）することになる。したがって、感光性基板と光学的にほぼ共役な位置に、静止露光領域を規定するための視野絞りを設置する必要がある。従来の EUVL 露光装置では、照明系の光路中に視野絞りを設け、マスクと視野絞りとの間に結像反射光学系を介在させることにより、視野絞りをマスクと（ひいては感光性基板と）光学的に共役な位置に配置している。

40

一般に、EUVL 露光装置では、反射面当りの反射率が比較的低いので、光量損失の回避についてはスループットの向上の観点から、光源と感光性基板との間に介在する光学系（すなわち照明光学系および投影光学系）における反射回数をできるだけ低減することが求められる。従来の EUVL 露光装置では、上述のようにマスクと視野絞りとの間に結像反射光学系を介在させているので、照明系の光路中における反射回数が比較的多く、結果と

50

して光量損失が大きくなり所要のスループットを確保することができなかった。

そこで、照明系の光路中における反射回数を低減して所要のスループットを確保するために、視野絞りを反射型のマスクに近接して配置する構成が考えられる。しかしながら、単に視野絞りを反射型のマスクに近接して配置する構成では、視野絞りにより所要光束の一部が遮られるため、投影光学系の結像性能に悪影響が及ぶことになり、マスクパターンを感光性基板上に歪みなく忠実に転写することができない可能性がある。

本発明は、前述の課題に鑑みてなされたものであり、視野絞りを反射型のマスクに近接して配置する構成にもかかわらず投影光学系の結像性能への影響を良好に抑えて、マスクパターンを感光性基板上に忠実に且つ高スループットで転写する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。

10

【発明の開示】

前記課題を解決するために、本発明の第1形態では、所定のパターンが形成された反射型のマスクを照明するための照明系と、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、前記投影光学系に対して前記マスクおよび前記感光性基板を所定方向に沿って相対移動させて前記マスクのパターンを前記感光性基板上へ投影露光する露光装置において、

前記照明系は、前記マスクに近接して配置されて前記マスク上における照明領域を規定するための視野絞りを有し、

前記マスクと前記視野絞りとの間隔を i_n とし、前記投影光学系のマスク側の開口数を NA とし、前記視野絞りの開口部の前記所定方向に沿った幅寸法を w とし、前記マスクを照明する照明光の主光線の前記マスクへの入射角 (rad) を a_n とするとき、

20

$$i_n < 0.5 \times w / (2 \times NA + a_n)$$

の条件を満足することを特徴とする露光装置を提供する。

本発明の第2形態では、所定のパターンが形成された反射型のマスクを照明する照明工程と、投影光学系に対して前記マスクおよび感光性基板を所定方向に沿って相対移動させて前記マスクのパターンを前記感光性基板上へ投影露光する露光工程とを含む露光方法において、

前記照明工程は、前記マスクに近接して配置された視野絞りを介して前記マスク上における照明領域を規定する照明領域規定工程を含み、

前記照明領域規定工程では、前記マスクと前記視野絞りとの間隔を i_n とし、前記投影光学系のマスク側の開口数を NA とし、前記視野絞りの開口部の前記所定方向に沿った幅寸法を w とし、前記マスクを照明する照明光の主光線の前記マスクへの入射角 (rad) を a_n とするとき、

30

$$i_n < 0.5 \times w / (2 \times NA + a_n)$$

の条件を満足することを特徴とする露光方法を提供する。

【図面の簡単な説明】

第1図は、視野絞りを反射型のマスクに近接して配置する構成において発生する不都合を説明する図である。

第2A図は、視野絞りをマスクに密着させたときにマスク上において得られる光強度分布を示す図である。

40

第2B図は、視野絞りをマスクから僅かに離間させたときにマスク上において得られる光強度分布を示す図である。

第3図は、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。

第4図は、ウェハ上に形成される円弧状の露光領域（すなわち実効露光領域）と光軸との位置関係を示す図である。

第5図は、第3図の光源および照明光学系の内部構成を概略的に示す図である。

第6図は、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いて、そのフローチャートを示す図である。

【発明を実施するための最良の形態】

第1図は、視野絞りを反射型のマスクに近接して配置する構成において発生する不都合

50

を説明する図である。第1図を参照すると、視野絞りFSを反射型のマスクMに近接して配置する構成では、開口数NA_{ill}を有する照明光束が視野絞りFSを介してマスクMに入射する際、マスクM上の領域bに入射する光束は視野絞りFSによって全く遮られることはない。しかしながら、領域bの両側の領域aおよびcに入射する光束は、視野絞りFSによって部分的に遮られることになる。このとき、両側の領域aおよびcに入射する光束は、その外端に近づくほど視野絞りFSによって遮られる度合が大きくなる。

一方、投影光学系（第1図では不図示）から見ると、マスクM上の領域eからマスク側（物体側）開口数NA_{pro}を有する投影光学系に入射する光束は、視野絞りFSによって全く遮られることはない。しかしながら、領域eの両側の領域dおよびfから投影光学系に入射する光束は、視野絞りFSによって部分的に遮られることになる。このとき、両側の領域dおよびfからの光束は、その外端に近づくほど視野絞りFSによって遮られる度合が大きくなる。この場合、投影光学系を介して露光に寄与する結像光束は、第1図より明らかなように、マスクM上の領域bと領域eとが重なった領域、領域aおよび領域fに入射して反射された光束である。

ここで、上述したように、領域aおよび領域fに入射して反射された光束は、視野絞りFSによって部分的に遮られた光束である。したがって、照明系の射出瞳上に所要の面光源が形成されていても、投影光学系の入射瞳上に形成される面光源の像が部分的に欠けることになり、ひいては投影光学系の結像性能に悪影響が及ぶことになる。特に、領域fで反射された光束が感光性基板上で結像する領域では、他の結像領域と解像度が異なってしまうため、感光性基板上に形成されるマスクパターン像の均一性に大きな影響を与えることが予想される。

なお、視野絞りを反射型のマスクに近接して配置する構成において実用上最も問題となるのは、密集線パターンではなく、孤立線の線幅である。すなわち、密集線パターンはメモリー系の回路に多く使用されるが、線が接続されているか否かのみが重要であるため、線幅のばらつきが大きな問題になることは少ない。これに対し、ロジック系の回路では、等間隔に並んだ密集線パターンはほとんど無く、孤立したライン（孤立線）が縦横無尽にエリア内を走っているのが普通である。ここで、線幅にばらつきがあると、情報の伝達スピードに場所ムラが発生し、最悪の場合はデバイスとして成立しなくなってしまう。

一般に、デバイスがデバイスとして成立するために許容される孤立線の線幅ばらつきの許容量は、設計線幅の10%程度と言われている。最終的に完成した製品の線幅ばらつきを10%以下に抑えるには、露光装置に起因する線幅ばらつきを3%以下に抑える必要がある。さらに、露光装置に起因する線幅ばらつきを3%以下に抑えるには、視野絞りに起因する線幅ばらつきを多くとも1%以下に抑える必要がある。

さて、第1図において、投影光学系を介して露光に寄与する結像光束は、マスクM上の領域bと領域eとが重なった領域、領域aおよび領域fに入射して反射された光束であるが、このうち領域bと領域eとが重なった領域に入射して反射された光束だけが投影光学系を介した正常な結像による露光を可能にする。逆に、領域fに入射して反射された光束は、投影光学系を介した結像に最も悪い影響を与える。したがって、第1図において領域aの midpoint と領域fの midpoint との間隔g、すなわち実効露光領域の幅（スキャン方向に沿った寸法）に光学的に対応する実効照明領域の幅gに対する領域fの幅を如何に小さくするかが、投影光学系の結像性能への影響を良好に抑えるための1つの基準となる。

なお、領域fに入射して反射された光束が投影光学系の結像性能に与える悪影響の程度は、投影光学系の像側開口数NA_iやパターン線幅や照明光（露光光）の波長λなどに依存し、投影光学系が像の回折光をどの範囲まで拾えるかを示す値、すなわち通称k1ファクターと呼ばれる値により決まる。k1ファクターは、次の式（1）により定義される。

$$k1 = (\text{パターン線幅}) \times NA_i / \lambda \quad (1)$$

一般に、EUVL露光装置では、k1ファクターの値として0.4程度が予定されている。そこで、k1 = 0.4として後述の結像シミュレーションを行うと、孤立線の線幅ばらつきを1%以下に抑えるには、実効照明領域の幅gに対する領域fの幅の比が次の条件式（2）を満足する必要があることがわかった。

10

20

30

40

50

$$(\text{領域 } f \text{ の幅}) / (\text{実効照明領域の幅 } g) < 1/2 \quad (2)$$

ここで、マスクと視野絞りとの間隔を i_n とし、投影光学系のマスク側の開口数を NA とし、視野絞りの開口部のスキャン方向に沿った幅寸法を w とし、マスクを照明する照明光の主光線のマスクへの入射角 (rad) を a_n とするとき、領域 f の幅および実効照明領域の幅 g は、次の式 (3) および (4) によりそれぞれ表わされる。

$$\text{領域 } f \text{ の幅} = 2 \times NA \times i_n \quad (3)$$

$$\text{実効照明領域の幅 } g = w - 2 \times i_n \times a_n \quad (4)$$

したがって、式 (3) および (4) に示す関係を条件式 (2) に代入すると、条件式 (2) を次の条件式 (5) のように変形することができる。

$$i_n < 0.5 \times w / (2 \times NA + a_n) \quad (5)$$

なお、孤立線の線幅ばらつきをさらに良好に抑えるには、条件式 (2) の上限値 (右辺の値) を $1/4$ に設定することが好ましい。この場合、条件式 (5) に対応する条件式として、次の条件式 (6) が得られる。

$$i_n < 0.5 \times w / (4 \times NA + a_n) \quad (6)$$

ところで、開口部のスキャン方向に沿った幅寸法が w の視野絞りをマスクに密着させて間隔 i_n を 0 に設定すると、第 2 A 図に示すように、マスク上にはスキャン方向に沿った幅寸法が w の領域に亘って均一な光強度分布が得られる。この場合、感光性基板上での積算露光量の分布を一樣にするには、光源の 1 パルス発光に対応するマスクの走査移動量 (スキャン移動量) の整数倍とマスク上の照明領域のスキャン方向に沿った幅寸法 w とを一致させる必要がある。換言すれば、1 パルス発光分のマスク走査移動量の整数倍と幅寸法 w とを正確に一致させなければ、感光性基板上において一樣な積算露光量分布を得ることができない。

実際には、マスクと視野絞りとの機械的干渉を避けるために、視野絞りをマスクから僅かに離間させることになる。この場合、第 2 B 図に示すように、マスク上のスキャン方向に沿った光強度分布は、中央領域において均一であるが両側領域において緩やかに光強度が変化する性状になる。これは、上述したように、マスク M 上の領域 b に入射する光束は視野絞り FS によって全く遮られることはないが、領域 b の両側の領域 a および c に入射する光束は視野絞り FS によって部分的に遮られることになるからである。

ここで、マスク上のスキャン方向に沿った光強度分布において緩やかに光強度が変化する両側領域が存在すると、1 パルス発光分のマスク走査移動量の整数倍とマスク上の照明領域のスキャン方向に沿った幅寸法 w とを正確に一致させなくても、感光性基板上においてほぼ一樣な積算露光量分布を得ることができるという利点がある。この目的のためには、緩やかに光強度が変化する片側領域のスキャン方向に沿った幅寸法 w' が照明領域のスキャン方向に沿った幅寸法 w の 1% よりも大きいこと、すなわち次の式 (9a) に示す関係が成立することが好ましい。

$$w/100 < w' \quad (9a)$$

一方、マスク上のスキャン方向に沿った光強度分布において緩やかに光強度が変化する片側領域のスキャン方向に沿った幅寸法 w' は、次の式 (9b) により表わされる。

$$w' = NA \times i_n \times 2 \quad (9b)$$

式 (9a) および (9b) より、1 パルス発光分のマスク走査移動量の整数倍とマスク上の照明領域のスキャン方向に沿った幅寸法 w とが正確に一致しなくても感光性基板上においてほぼ一樣な積算露光量分布を得るには、マスクと視野絞りとの間隔 i_n は次の条件式 (9) を満足することが好ましい。

$$w / (200 \times NA) < i_n \quad (9)$$

以下、結像シミュレーションに用いた式を簡単に説明する。まず、投影光学系の入射瞳上回折光振幅 $D(\xi, \eta)$ は、次の式 (7) で表わされる。なお、式 (7) において、 (ξ, η) は投影光学系の入射瞳上の座標であり、 (x, y) はマスク上の座標であり、 $M(x, y)$ はマスクの振幅透過率であり、 k は $2\pi/\lambda$ で表わされる定数であり、「 $\iint$ 」はマスク上の視野に関する二重積分を表わす記号である。

$$D(\xi, \eta) = \iint_{\text{視野}} M(x, y) \exp\{-ik(\xi x + \eta y)\} dx dy \quad (7)$$

また、感光性基板上の光強度分布 $I(X, Y)$ は、次の式 (8) で表わされる。なお、式 (8) において、 (X, Y) は感光性基板上の座標であり、 (δ, ε) は照明系の射出瞳に形成される実質的な面光源上の座標であり、 $U(\delta, \varepsilon)$ は面光源の光強度分布であり、 $\beta(\delta, \varepsilon, x, y)$ は面光源から投影光学系の入射瞳への結像倍率であり、 $W(\xi, \eta, X, Y)$ は投影光学系の透過波面であり、最初の「 $\int \int$ 」は面光源に関する二重積分を表わす記号であり、二番目の「 $\int \int$ 」は投影光学系の像側開口数 NA に関する二重積分を表わす記号である。

$$I(X, Y) = \iint_{\text{光源面}} U(\delta, \varepsilon) \left| \iint_{NA} D(\xi - \beta\delta, \eta - \beta\varepsilon) \times \exp\{ik(\xi X + \eta Y + W)\} d\xi d\eta \right|^2 d\delta d\varepsilon \quad (8)$$

本発明では、マスク上における照明領域を規定するための視野絞りをマスクに近接して配置する構成を採用しているが、マスクと視野絞りとの間隔 $i n$ が条件式 (5) または (6) を満足するように設定されているので、視野絞りによる遮光が投影光学系の結像性能に与える影響を良好に抑えることができる。また、視野絞りをマスクに近接して配置する構成を採用しているため、マスクと視野絞りとの間に結像反射光学系を介在させる必要がなく、照明系の光路中における反射回数を低減することができ、光量損失を小さく抑えて所要のスループットを確保することができる。なお、本発明では、マスクと視野絞りとの間隔 $i n$ が条件式 (9) を満足することが好ましい。この構成により、1 パルス発光分のマスク走査移動量の整数倍とマスク上の照明領域のスキャン方向に沿った幅寸法 w とを正確に一致させなくても、感光性基板上においてほぼ一様な積算露光量分布を得ることができる。

こうして、本発明の露光装置および露光方法では、視野絞りを反射型のマスクに近接して配置する構成にもかかわらず投影光学系の結像性能への影響を良好に抑えて、マスクパターンを感光性基板上に忠実に且つ高スループットで転写することができ、高精度なマイクロデバイスを高スループットで製造することができる。

本発明の実施形態を、添付図面に基づいて説明する。

第3図は、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、第4図は、ウェハ上に形成される円弧状の露光領域（すなわち実効露光領域）と光軸との位置関係を示す図である。さらに、第5図は、第3図の光源および照明光学系の内部構成を概略的に示す図である。第3図において、投影光学系の光軸方向すなわち感光性基板であるウェハの法線方向に沿って Z 軸を、ウェハ面内において第3図の紙面に平行な方向に Y 軸を、ウェハ面内において第3図の紙面に垂直な方向に X 軸をそれぞれ設定している。

第3図の露光装置は、露光光を供給するための光源として、たとえばレーザプラズマ光源1を備えている。光源1から射出された光は、波長選択フィルタ（不図示）を介して、照明光学系2に入射する。ここで、波長選択フィルタは、光源1が供給する光から、所定波長（たとえば 13.4 nm または 11.5 nm ）のEUV光だけを選択的に透過させ、他の波長光の透過を遮る特性を有する。波長選択フィルタを透過したEUV光3は、照明光学系2および光路偏向鏡としての平面反射鏡4を介して、転写すべきパターンが形成された反射型のマスク（レチクル）Mを照明する。マスクMは、そのパターン面が XY 平面に沿って延びるように、 Y 方向に沿って移動可能なマスクステージ5によって保持されている。そして、マスクステージ5の移動は、レーザ干渉計6により計測されるように構成されている。

照明されたマスクMのパターンからの光は、反射型の投影光学系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。すなわち、ウェハW上には、第4図に示すように、たとえばY軸に関して対称な細長い円弧状の露光領域（すなわち静止露光領域）が形成される。第3図を参照すると、光軸AXを中心とした半径 ϕ を有する円形状の領域（イメージサークル）IF内において、このイメージサークルIFに接するようにX方向の長さがLXでY方向の長さがLYの円弧状の実効露光領域ERが設定されている。

ウェハWは、その露光面がXY平面に沿って延びるように、X方向およびY方向に沿って二次元的に移動可能なウェハステージ7によって保持されている。なお、ウェハステージ7の移動は、マスクステージ5と同様に、レーザ干渉計8により計測されるように構成されている。こうして、マスクステージ5およびウェハステージ7をY方向に沿って移動させながら、すなわち投影光学系PLに対してマスクMおよびウェハWをY方向に沿って相対移動させながらスキャン露光（走査露光）を行うことにより、ウェハWの1つの露光領域にマスクMのパターンが転写される。

10

このとき、投影光学系PLの投影倍率（転写倍率）が例えば $1/4$ である場合、ウェハステージ7の移動速度をマスクステージ5の移動速度の $1/4$ に設定して同期走査を行う。また、ウェハステージ7をX方向およびY方向に沿って二次元的に移動させながら走査露光を繰り返すことにより、ウェハWの各露光領域にマスクMのパターンが逐次転写される。

また、第5図を参照すると、レーザプラズマ光源1では、レーザ光源11から発した光（非EUV光）が集光レンズ12を介して気体ターゲット13上に集光する。ここで、たとえばキセノン（Xe）からなる高圧ガスがノズル14より供給され、ノズル14から噴射されたガスが気体ターゲット13を形成する。気体ターゲット13は、集光されたレーザ光によりエネルギーを得てプラズマ化し、EUV光を発する。なお、気体ターゲット13は、楕円反射鏡15の第1焦点に位置決めされている。したがって、レーザプラズマ光源1から放射されたEUV光は、楕円反射鏡15の第2焦点に集光する。一方、発光を終えたガスはダクト16を介して吸引されて外部へ導かれる。

20

楕円反射鏡15の第2焦点に集光したEUV光は、凹面反射鏡17を介してほぼ平行光束となり、一对のフライアイミラー18aおよび18bからなるオプティカルインテグレート18に導かれる。一对のフライアイミラー18aおよび18bとして、たとえば特開平11-312638号公報において本出願人が開示したフライアイミラーを用いることができる。なお、フライアイミラーのさらに詳細な構成および作用については、同公報における関連の記載を参照することができる。

30

こうして、第2フライアイミラー18bの反射面の近傍、すなわちオプティカルインテグレート18の射出面の近傍には、所定の形状を有する実質的な面光源が形成される。ここで、実質的な面光源は、前述したように、照明光学系2の射出瞳位置またはその近傍、すなわち投影光学系PLの入射瞳と光学的に共役な面またはその近傍に形成される。実質的な面光源からの光は、平面反射鏡4により偏向された後、マスクMにほぼ平行に且つ近接して配置された視野絞り19を介して、マスクM上に細長い円弧状の照明領域を形成する。照明されたマスクMのパターンからの光は、投影光学系PLを介して、ウェハW上にマスクパターンの像を形成する。

40

本実施形態では、視野絞り19をマスクMに近接して配置する構成を採用しているが、マスクMと視野絞り19との間隔inが上述の条件式（5）または（6）を満足するように設定されているので、視野絞り19による遮光が投影光学系PLの結像性能に与える影響を良好に抑えることができる。また、視野絞り19をマスクMに近接して配置する構成を採用しているため、マスクMと視野絞り19との間に結像反射光学系を介在させる必要がなく、照明系の光路中における反射回数を低減することができ、光量損失を小さく抑えて所要のスループットを確保することができる。さらに、マスクMと視野絞り19との間隔inが条件式（9）を満足するように設定されているので、1パルス発光分のマスク走査移動量の整数倍とマスクM上の照明領域のスキャン方向に沿った幅寸法wとを正確に一致させなくても、ウェハW上においてほぼ一様な積算露光量分布を得ることができる。

50

したがって、本実施形態の露光装置では、視野絞り19を反射型のマスクMに近接して配置する構成にもかかわらず投影光学系PLの結像性能への影響を良好に抑えて、マスクパターンをウェハW上に忠実に且つ高スループットで転写することができる。

上述の実施形態にかかる露光装置では、照明系によってマスクを照明し（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、本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第6図のフローチャートを参照して説明する。

10

まず、第6図のステップ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リソが塗布される。その後、ステップ303において、本実施形態の露光装置を用いて、マスク（レチクル）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。

20

なお、上述の実施形態では、EUV光を供給するための光源としてレーザプラズマ光源を用いているが、これに限定されることなく、他の適当な光源を用いることもできる。

【産業上の利用の可能性】

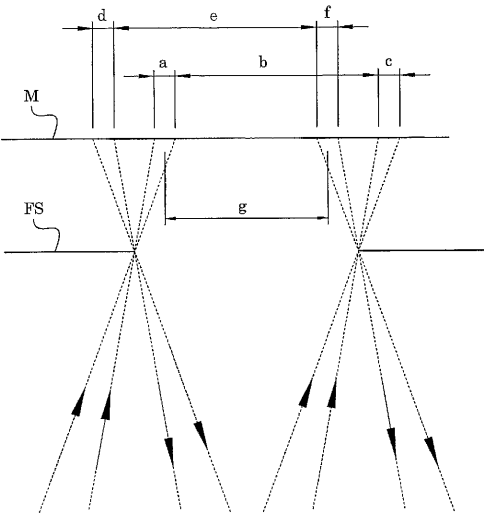
以上説明したように、本発明では、マスク上における照明領域を規定するための視野絞りをマスクに近接して配置する構成を採用しているが、マスクと視野絞りとの間隔が所定の条件式を満足するように設定されているので、視野絞りによる遮光が投影光学系の結像性能に与える影響を良好に抑えることができる。また、視野絞りをマスクに近接して配置する構成を採用しているため、マスクと視野絞りとの間に結像反射光学系を介在させる必要がなく、照明系の光路中における反射回数を低減することができ、光量損失を小さく抑えて所要のスループットを確保することができる。

30

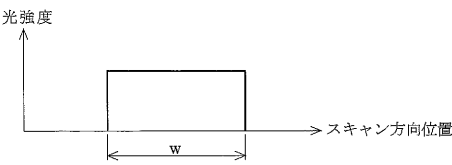
したがって、本発明の露光装置および露光方法では、視野絞りを反射型のマスクに近接して配置する構成にもかかわらず投影光学系の結像性能への影響を良好に抑えて、マスクパターンを感光性基板上に忠実に且つ高スループットで転写することができ、高精度なマイクロデバイスを高スループットで製造することができる。

【図 1】

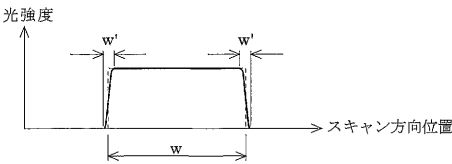
第 1 図



第 2 A 図

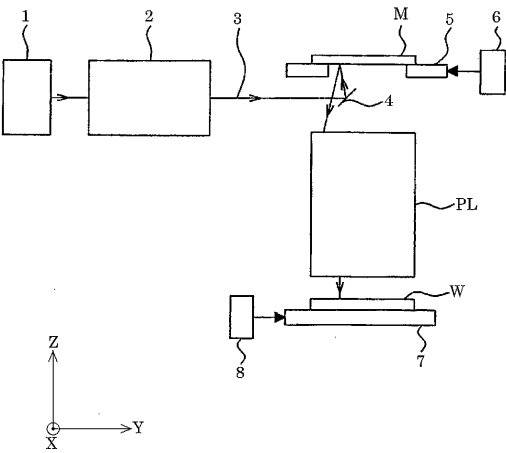


第 2 B 図



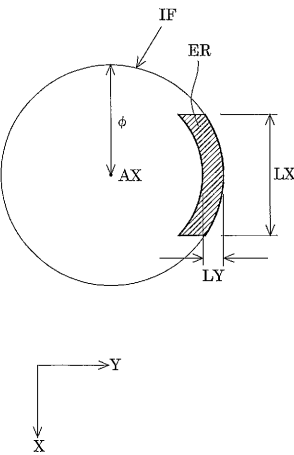
【図 3】

第 3 図



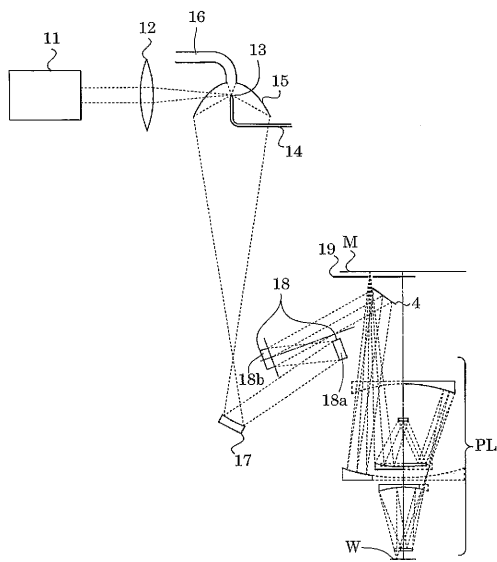
【図 4】

第 4 図



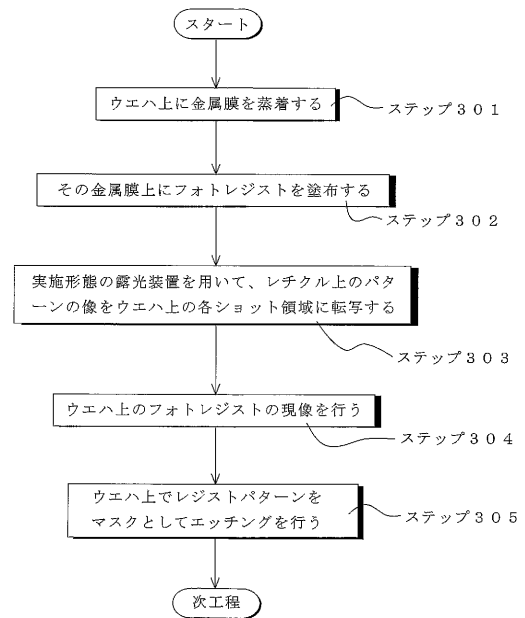
【図 5】

第 5 図



【図 6】

第 6 図



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平9-246152 (JP, A)
特開2002-124453 (JP, A)
特開平7-283116 (JP, A)
特開平4-262524 (JP, A)
特開平10-92727 (JP, A)
特開平7-230949 (JP, A)
特開2000-91220 (JP, A)
特開2000-356855 (JP, A)
特開2000-349009 (JP, A)
特開2000-286191 (JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20