

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6620088号
(P6620088)

(45) 発行日 令和1年12月11日(2019.12.11)

(24) 登録日 令和1年11月22日(2019.11.22)

(51) Int.Cl.	F 1
GO3F 7/20 (2006.01)	GO3F 7/20 503
GO2B 17/06 (2006.01)	GO3F 7/20 521
GO2B 13/24 (2006.01)	GO2B 17/06
	GO2B 13/24

請求項の数 7 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2016-515545 (P2016-515545)
(86) (22) 出願日	平成26年8月25日 (2014.8.25)
(65) 公表番号	特表2016-533513 (P2016-533513A)
(43) 公表日	平成28年10月27日 (2016.10.27)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/067958
(87) 国際公開番号	W02015/039839
(87) 国際公開日	平成27年3月26日 (2015.3.26)
審査請求日	平成29年8月24日 (2017.8.24)
(31) 優先権主張番号	102013218749.1
(32) 優先日	平成25年9月18日 (2013.9.18)
(33) 優先権主張国・地域又は機関	ドイツ(DE)

(73) 特許権者	503263355 カール・ツァイス・エスエムティー・ゲーエムベーハー
	ドイツ連邦共和国、73447 オーバーコッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラーセ 2
(74) 代理人	100086771 弁理士 西島 孝喜
(74) 代理人	100088694 弁理士 弟子丸 健
(74) 代理人	100094569 弁理士 田中 伸一郎
(74) 代理人	100067013 弁理士 大塚 文昭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】EUV 投影リソグラフィのための照明系及び照明光学ユニット

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リソグラフィマスク(7)が、配置可能であり、かつ投影露光中に物体変位方向(y)に沿って変位可能である物体視野(5)に向けて照明光(16)を案内するためのEUV投影リソグラフィのための照明光学ユニット(4)であって、

少なくとも2つの傾斜位置の間で切り換えることができ、かつ照明光部分ビームを前記物体視野(5)に向けて案内するための個別ミラー照明チャネルを与える多数の個別ミラー(27)を含む視野ファセットミラー(19)を含み、

前記照明光(16)のビーム経路内で前記視野ファセットミラー(19)の下流に配置された複数の静止瞳ファセット(20a)を含む瞳ファセットミラー(20)を含み、該瞳ファセット(20a)は、各場合に、群ミラー照明チャネルを通じた前記物体視野(5)内への該視野ファセットミラー(19)の前記個別ミラー(27)の群(25)の少なくとも区画的な重ね合わせ結像に寄与し、

前記瞳ファセット(20a)のそれぞれ1つが、結像されることになる前記個別ミラーの前記群(25)のうちのそれぞれ1つに割り当てられ、

前記物体視野(5)内に完全に結像可能である個別ミラー群(25)が、公称個数の個別ミラー(27)を有し、

照明光が前記個別ミラー群を通じて同時に入射することができる前記瞳ファセット(20a)の個数に個別ミラー群(25)毎の前記個別ミラー(27)の前記公称個数を乗じたものが、前記視野ファセットミラー(19)上の該個別ミラー(27)の実際の個数よ

10

20

りも多い個数の個別ミラー(27)を結果として生じ、

前記個別ミラー群(25)への前記個別ミラーの割り当てが、この割り当てが前記物体変位方向(y)に沿って積分される照明光強度の該物体変位方向(y)に対して垂直な物体視野高さ(x)への依存性の補正に使用されるものである、

ことを特徴とする照明光学ユニット(4)。

【請求項2】

前記個別ミラー(27)の少なくとも一部が、前記視野ファセットミラー(19)の少なくとも1つの変更セクション(36)に配置され、該変更セクション(36;50,51)内の該個別ミラー(27)は、前記個別ミラー傾斜位置に基づいて、異なる瞳ファセット(20a)を通じて前記物体視野(5)内に結像される2つの異なる個別ミラー群(25a,25b)に割り当てられ、

前記変更セクション(36)は、前記物体視野(5)に結像されて前記物体変位方向に対して垂直な該物体視野(5)の広がりの最大で半分に達する該物体変位方向に対して垂直な広がりを有する、

ことを特徴とする請求項1に記載の照明光学ユニット。

【請求項3】

前記変更セクション(36a,36b)は、前記変更領域(36)に配置された個別ミラー(27_i)が、前記個別ミラー傾斜位置に基づいて、すなわち、それぞれの前記個別ミラー群(25a,25b)へのその割り当てに基づいて、走査方向(y)に対して垂直(x)な前記物体視野(5)の広がり(x₀)の10%よりも大きい該走査方向(y)に対して垂直(x)な互いからの距離を有する像位置(41,42)に結像されるように配置されることを特徴とする請求項2に記載の照明光学ユニット。

【請求項4】

前記変更セクション(50,51)は、該変更セクション(50,51)内に配置された個別ミラー(27_j,27_k)が、前記個別ミラー傾斜位置に基づいて、すなわち、それぞれの前記個別ミラー群(50,51)へのその割り当てに基づいて、走査方向(y)の前記物体視野(5)の広がり(y₀)の40%よりも大きい該走査方向(y)の互いからの距離を有する像位置(52,53;54,55)に結像されるように配置されることを特徴とする請求項2又は請求項3に記載の照明光学ユニット。

【請求項5】

前記変更セクション(36)内に前記個別ミラー(27)を含む2つの前記個別ミラー群(25a,25b)が、より多い個数の個別ミラー照明チャネルを通じて前記物体視野の中心領域にかつ該物体視野(5)の縁部領域に該物体視野(5)上への前記物体変位方向に沿って積分された照明光入射をもたらすような前記視野ファセットミラー(19)の該変更セクション(36)内の該個別ミラーの割り当て(36a,36b)を特徴とする請求項2から請求項4のいずれか1項に記載の照明光学ユニット。

【請求項6】

前記変更セクション(36)内に前記個別ミラー(27)を含む2つの前記個別ミラー群(25a,25b)が、前記物体視野(5)の中心領域内よりも多い個数の個別ミラー照明チャネルを通じて該物体視野(5)の縁部領域に該物体視野(5)上への前記物体変位方向に沿って積分された照明光入射をもたらすような前記視野ファセットミラー(19)の該変更セクション内の該個別ミラー(27)の割り当て(36c,36d)を特徴とする請求項2から請求項4のいずれか1項に記載の照明光学ユニット。

【請求項7】

前記変更セクション(36)内に前記個別ミラー(27)を含む2つの前記個別ミラー群(25a,25b)が、前記物体視野(5)の中心領域内よりもいくつかの個別ミラー照明チャネルを通じて該物体視野(5)の縁部領域に該物体視野(5)上への前記物体変位方向に沿って積分された照明光入射をもたらすような前記視野ファセットミラー(19)の該変更セクション(36)内の該個別ミラー(27)の割り当て(36e,36f)を特徴とする請求項2に記載の照明光学ユニット。

10

20

30

40

50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

ドイツ特許出願第10 2013 218 749. 1号明細書の内容が、引用によって本明細書に組み込まれている。

【0002】

本発明は、リソグラフィマスクが配置可能である物体視野に向けて照明光を案内するためのEUV投影リソグラフィのための照明光学ユニットに関する。本発明は、更に、特にそのような照明光学ユニットを含む照明系、そのような照明系を含む投影露光装置、そのような投影露光装置を用いて微細又はナノ構造化構成要素、特に半導体構成要素を生成する方法、及び本方法によって生成された微細又はナノ構造化構成要素に関する。

10

【背景技術】**【0003】**

冒頭に示したタイプの照明光学ユニットは、WO 2010/037453 A1、WO 2010/104163 A、WO 2008/149178 A1、US 2011/0001947 A1、US 2009/0041182 A1、及びDE 102006036064 A1から公知である。

【0004】

照明の目的は、照明光学ユニットの異なる照明チャネルを通じて案内された照明光を予め定められた照明パラメータを同じく予め定められた許容範囲で遵守しながら可能な限り損失のない方式で照明視野内で重ねることである。

20

【先行技術文献】**【特許文献】****【0005】****【特許文献1】**ドイツ特許出願第10 2013 218 749. 1号明細書**【特許文献2】**WO 2010/037453 A1**【特許文献3】**WO 2010/104163 A**【特許文献4】**WO 2008/149178 A1**【特許文献5】**US 2011/0001947 A1**【特許文献6】**US 2009/0041182 A1

30

【特許文献7】DE 10 2006 036 064 A1**【特許文献8】**US 6,859,515 B2**【特許文献9】**EP 1 225 481 A**【特許文献10】**WO 2009/100 856 A1**【特許文献11】**US 6,438,199 B1**【特許文献12】**US 6,658,084 B2**【発明の概要】****【発明が解決しようとする課題】****【0006】**

本発明の目的は、照明の最適化、特に、異なる照明チャネルを通じて案内された照明光の照明視野内での最適な重ね合わせを与える照明光学ユニットを提供することである。

40

【課題を解決するための手段】**【0007】**

本発明により、上述の目的は、当初請求項1に指定する特徴及び当初請求項8に指定する特徴を有する照明光学ユニット、並びに当初請求項11に指定する特徴を有する照明系を用いて達成される。

【0008】

本発明は、個別ミラー群が物体視野内に、これらの個別ミラー群の像が各々物体視野を完全に覆うように結像されるという概念から離脱する。各々物体視野を完全に覆う像を有する個別ミラー群を以下では完全個別ミラー群とも呼ぶ。上述の境界条件を廃棄すること

50

により、更に割り当てられる瞳ファセットを通して物体視野に結像される個別ミラー群への視野ファセットミラーの個別ミラーの割り当ての新しい自由度がもたらされる。本発明により、次に、物体視野を完全には覆わない像をもたらす個別ミラー群も許容される。物体視野を完全には覆わない像を有するそのような個別ミラー群を以下では分別個別ミラー群とも呼ぶ。分別個別ミラー群は、視野ファセットミラーを配置することが意図されるEUV光源の遠視野の実際のプロファイルに視野ファセットミラーの外側輪郭を非常に的確に適応させる可能性をもたらす。例えば、これらの個別ミラー群を使用すると、同一のサイズ及び形状の群を用いてそのような遠視野領域をタイル張りするがもはや必要ではなく、従って、ここで、そのようなタイル張りを用いては回避することができない遠視野の縁部領域における損失を回避することができる。上述の境界条件を廃棄することにより、これまでには可能ではなかった方式で遠視野を利用する可能性が提供される。一例として、視野ファセットミラーの個別ミラーによって遠視野区域の80%よりも大きい比率、例えば、85%さえも超える比率、又はより一層大きい百分率を覆うことができる。遠視野区域を区切る縁部は、最大遠視野照明光強度の強度割合(強度比) k_r が入射する遠視野の外側境界として定められる。割合(比) k_r は、例えば、値0.1、0.05、又は更に小さい値とすることができます。 k_r は、値 $1/e$ 又は $1/e^2$ を有することができる。

【0009】

個別ミラー群への個別ミラーの割り当てにおいて新しく与えられる柔軟性は、この割り当てを照明パラメータ及び/又は結像効果の補正又は補償に向けて使用することを可能にする。その例は、当初請求項1及び当初請求項8に記載の照明光学ユニットによって与えられる。次に、視野ファセットミラー上の与えられた個数の個別ミラーを用いて多数の個別ミラー群を形成することができ、相応に多数の瞳ファセットが同時に照明光による入射を受けることができる。それによって照明角度分布の事前定義、すなわち、物体視野照明に対する照明設定の事前定義において高い柔軟性がもたらされる。瞳ファセットも、個々の小さいファセットミラーの群として構成することができる。同時に入射を受けることができる瞳ファセットの個数に個別ミラー群毎の個別ミラーの公称個数を乗じたものが、視野ファセットミラー上の個別ミラーの実際の個数よりも多い個数をもたらすそのような照明光学ユニットが、逆方向に、すなわち、物体視野から照明される場合に、又は投影光学ユニットを用いて物体視野が像視野に結像される場合に、第1の強度を有する光による入射を受ける照明セクションと、第2のより高い、特に2倍高い強度で入射を受ける更に別の照明セクションとで構成されるパターンが像視野から視野ファセットミラー上に向けられる。そのような逆露光中により高い強度で入射を受けるこれらの視野ファセットセクション内には、照明光が同時に入射することができる異なる瞳ファセットに任意的に割り当てるができるファセットミラーの個別ミラーが配置される。より高い強度で照明される視野ファセットセクションは、個別ミラーの公称個数よりも少ない個数の個別ミラーを有する。

【0010】

物体視野高さへの走査積分照明強度の依存性の補正又は補償に向けて、個別ミラー群は、例えば対応する遠視野分布に起因して内部により高い照明強度が元来存在している視野高さ領域内により小さい走査積分広がりを有する群形状が使用されるように分割することができる。これに代えて又はこれに加えて、個別ミラー群が、反射に使用することができない楔形面積領域を通して互いに隣接することを前提としない結像傾斜の補正又は補償が可能である。

【0011】

原理的には視野ファセットミラーの全ての個別ミラーによって反射される光を使用することができるので、可能な限り大きい遠視野比率の使用又は照明パラメータ及び/又は結像効果の補正又は補償は、損失なく実施することができる。当然ながらこれに代えて、照明パラメータ及び/又は結像の更に別の影響に向けて選択される個別ミラーの光が物体視野の照明に寄与しないように、これらの個別ミラーの光を目標を定めた方式で遮蔽することが可能である。

10

20

30

40

50

【0012】

当初請求項 2 に記載の少なくとも 1 つの変更セクションは、この変更セクションに隣接するそれぞれ望ましい他の個別ミラー群への個別ミラーの柔軟なグループ分けを可能にする。少なくとも 1 つの変更セクションは、物体変位方向に対して垂直な物体視野の広がりの半分よりも小さく、例えば、物体変位方向に対して垂直な物体視野の広がりの 40%、35%、30%、又は更に小さい百分率に対応する広がりを物体変位方向と垂直に有することができる。

【0013】

少なくとも 1 つの変更セクションは、完全個別ミラー群の広がりの 5% と 80% の間に達する広がりを有することができる。

10

【0014】

当初請求項 3 及び 当初請求項 4 に記載の像位置の差は、個別ミラー群を通じた物体視野の重ね合わせ照明中の強度及び / 又は結像に影響する際の対応する自由度をもたらす。

【0015】

当初請求項 5 又は 当初請求項 6 に記載の変更セクションにおける個別ミラーの配置は、走査積分照明強度の典型的な視野高さ依存性の補正又は補償を可能にする。

【0016】

当初請求項 7 に記載の変更セクションにおける個別ミラーの配置は、視野高さにわたる走査積分照明強度に関して中立である。

【0017】

当初請求項 9 に記載の変更セクションの設計は、結像傾斜の補正又は補償に特に適することが見出されている。それぞれの個別ミラーの寸法の範囲では物体変位方向に対して垂直な座標軸において物体変位方向に沿う変更セクションの広がりにはほぼ増大がないことを除いて、物体変位方向に対して垂直な座標軸における物体変位方向に沿う変更セクションの広がりの増大は、厳密に単調なものとすることができます、特に直線的なものとすることができます。従って、個別ミラーの有限の広がりに起因する変更セクションの広がりの量子化は、この厳密に単調な増大、特に直線的な増大の場合は無視される。

20

【0018】

上述の利点は、特に 当初請求項 11 及び 当初請求項 12 に記載の照明系に適用される。

【0019】

当初請求項 10 に記載の照明系、当初請求項 13 に記載の光学系、当初請求項 14 に記載の投影露光装置、及び 当初請求項 15 に記載の生成方法の利点は、照明系及び照明光学ユニットを参照して上述したものに対応する。この生成方法によって微細又はナノ構造化構成要素を生成することができる。そのような構成要素は、高い構造分解能で生成することができる。このようにして、例えば、高い集積又はストレージ密度を有する半導体チップを生成することができる。

30

【当初請求項 1】

リソグラフィマスク (7) が、配置可能であり、かつ投影露光中に物体変位方向 (4) に沿って変位可能である物体視野 (5) に向けて照明光 (16) を案内するための EUV 投影リソグラフィのための照明光学ユニット (4) であって、

40

少なくとも 2 つの傾斜位置の間で切り換えることができ、かつ照明光部分ビームを前記物体視野 (5) に向けて案内するための個別ミラー 照明チャネルを与える多数の個別ミラー (27) を含む視野ファセットミラー (19) を含み、

前記照明光 (16) のビーム経路内で前記視野ファセットミラー (19) の下流に配置された複数の静止瞳ファセット (20a) を含む瞳ファセットミラー (20) を含み、該瞳ファセット (20a) は、各場合に、群ミラー 照明チャネルを通じた前記物体視野 (5) 内への該視野ファセットミラー (19) の前記個別ミラー (27) の群 (25) の少なくとも区画的な重ね合わせ結像に寄与し、

前記瞳ファセット (20a) のそれぞれ 1 つが、結像されることになる前記個別ミラーの前記群 (25) のうちのそれぞれ 1 つに割り当てられ、

50

前記物体視野(5)内に完全に結像可能である個別ミラー群(25)が、公称個数の個別ミラー(27)を有し、

照明光が前記個別ミラー群を通じて同時に入射することができる前記瞳ファセット(20a)の個数に個別ミラー群(25)毎の前記個別ミラー(27)の前記公称個数を乗じたものが、前記視野ファセットミラー(19)上の該個別ミラー(27)の実際の個数よりも多い個数の個別ミラー(27)を結果として生じ、

前記個別ミラー群(25)への前記個別ミラーの割り当てが、この割り当てが前記物体変位方向(4)に沿って積分される照明光強度の該物体変位方向(y)に対して垂直な物体視野高さ(x)への依存性の補正に使用されるようなものである、

ことを特徴とする照明光学ユニット(4)。

10

[当初請求項2]

前記個別ミラー(27)の少なくとも一部が、前記視野ファセットミラー(19)の少なくとも1つの変更セクション(36)に配置され、該変更セクション(36;50,51)内の該個別ミラー(27)は、前記個別ミラー傾斜位置に基づいて、異なる瞳ファセット(20a)を通じて前記物体視野(5)内に結像される2つの異なる個別ミラー群(25a,25b)に割り当てられ、

前記変更セクション(36)は、前記物体視野(5)に結像されて前記物体変位方向に対して垂直な該物体視野(5)の広がりの最大で半分に達する該物体変位方向に対して垂直な広がりを有する、

ことを特徴とする当初請求項1に記載の照明光学ユニット。

20

[当初請求項3]

前記変更セクション(36a,36b)は、前記変更領域(36)に配置された個別ミラー(27_j)が、前記個別ミラー傾斜位置に基づいて、すなわち、それぞれの前記個別ミラー群(25a,25b)へのその割り当てに基づいて、走査方向(y)に対して垂直(x)な前記物体視野(5)の広がり(x₀)の10%よりも大きい該走査方向(y)に対して垂直(x)な互いからの距離を有する像位置(41,42)に結像されるように配置されることを特徴とする当初請求項2に記載の照明光学ユニット。

[当初請求項4]

前記変更セクション(50,51)は、該変更セクション(50,51)内に配置された個別ミラー(27_j,27_k)が、前記個別ミラー傾斜位置に基づいて、すなわち、それぞれの前記個別ミラー群(50,51)へのその割り当てに基づいて、走査方向(y)の前記物体視野(5)の広がり(y₀)の40%よりも大きい該走査方向(y)の互いからの距離を有する像位置(52,53;54,55)に結像されるように配置されることを特徴とする当初請求項2又は当初請求項3に記載の照明光学ユニット。

30

[当初請求項5]

前記変更セクション(36)内に前記個別ミラー(27)を含む2つの前記個別ミラー群(25a,25b)が、より多い個数の個別ミラー照明チャネルを通じて前記物体視野の中心領域にかつ該物体視野(5)の縁部領域に該物体視野(5)上への前記物体変位方向に沿って積分された照明光入射をもたらすような前記視野ファセットミラー(19)の該変更セクション(36)内の該個別ミラーの割り当て(36a,36b)を特徴とする当初請求項2から当初請求項4のいずれか1項に記載の照明光学ユニット。

40

[当初請求項6]

前記変更セクション(36)内に前記個別ミラー(27)を含む2つの前記個別ミラー群(25a,25b)が、前記物体視野(5)の中心領域内よりも多い個数の個別ミラー照明チャネルを通じて該物体視野(5)の縁部領域に該物体視野(5)上への前記物体変位方向に沿って積分された照明光入射をもたらすような前記視野ファセットミラー(19)の該変更セクション内の該個別ミラー(27)の割り当て(36c,36d)を特徴とする当初請求項2から当初請求項4のいずれか1項に記載の照明光学ユニット。

[当初請求項7]

前記変更セクション(36)内に前記個別ミラー(27)を含む2つの前記個別ミラー

50

群(25a, 25b)が、前記物体視野(5)の中心領域内よりもいくつかの個別ミラー照明チャネルを通じて該物体視野(5)の縁部領域に該物体視野(5)上への前記物体変位方向に沿って積分された照明光入射をもたらすような前記視野ファセットミラー(19)の該変更セクション(36)内の該個別ミラー(27)の割り当て(36e, 36f)を特徴とする当初請求項2に記載の照明光学ユニット。

[当初請求項8]

リソグラフィマスク(7)が、配置可能であり、かつ投影露光中に物体変位方向(4)に沿って変位可能である物体視野(5)に向けて照明光(16)を案内するためのEUV投影リソグラフィのための照明光学ユニット(4)であって、

少なくとも2つの傾斜位置の間で切り換えることができ、かつ照明光部分ビームを前記物体視野(5)に向けて案内するための個別ミラー照明チャネルを与える多数の個別ミラー(27)を含む視野ファセットミラー(19)を含み、

前記照明光(16)のビーム経路内で前記視野ファセットミラー(19)の下流に配置された複数の静止瞳ファセット(20a)を含む瞳ファセットミラー(20)を含み、該瞳ファセット(20a)は、各場合に、群ミラー照明チャネルを通じた前記物体視野(5)内への該視野ファセットミラー(19)の前記個別ミラー(27)の群(25)の少なくとも区画的な重ね合わせ結像に寄与し、

前記瞳ファセット(20a)のそれぞれ1つが、結像されることになる前記個別ミラーの前記群(25)のうちのそれぞれ1つに割り当てられ、

前記物体視野(5)内に完全に結像可能である個別ミラー群(25)が、公称個数の個別ミラー(27)を有し、

照明光が前記個別ミラー群を通じて同時に入射することができる前記瞳ファセット(20a)の個数に個別ミラー群(25)毎の前記個別ミラー(27)の前記公称個数を乗じたものが、前記視野ファセットミラー(19)上の該個別ミラー(27)の実際の個数よりも多い個数の個別ミラー(27)を結果として生じ、

前記個別ミラー群(25)への前記個別ミラーの割り当てが、この割り当てが前記物体視野(5)内へのそれぞれの該個別ミラー群(25)の結像傾斜の補正に使用されるようなものである、

ことを特徴とする照明光学ユニット(4)。

[当初請求項9]

前記個別ミラー(27)の少なくとも一部が、前記視野ファセットミラー(19)の変更セクション(50, 51)に配置され、該変更セクション(50, 51)内の該個別ミラー(27)は、前記個別ミラー傾斜位置に基づいて、異なる瞳ファセット(20a)を通じて前記物体視野(5)内に結像される2つの異なる個別ミラー群(25c/d, 25d/e)に割り当てられ、

前記変更セクション(50, 51)は、前記物体変位方向に対して垂直な寸法において単調に増大する該物体変位方向に沿った広がりを有する、

ことを特徴とする当初請求項8に記載の照明光学ユニット。

[当初請求項10]

当初請求項1から当初請求項9のいずれか1項に記載の照明光学ユニットを含み、

EUV光源(2)を含む、

ことを特徴とする照明系(3)。

[当初請求項11]

リソグラフィマスク(7)が、配置可能であり、かつ投影露光中に物体変位方向(y)に沿って変位可能である物体視野(5)に向けて照明光(16)を案内するためのEUV投影リソグラフィのための照明光学ユニット(4)を含む照明系(3)であって、

照明系(3)のEUV光源(2)の遠視野(56)に配置され、少なくとも2つの傾斜位置の間で切り換え可能であって前記物体視野(5)に向けて照明光部分ビームを案内するための個別ミラー照明チャネルを与える多数の個別ミラー(27)を含む視野ファセットミラー(19)を含み、

10

20

30

40

50

前記個別ミラー(27)は、割り当てられる瞳ファセット(20a)を通じてそれぞれの個別ミラー群(25)を前記物体視野(5)内に結像する目的に対して、前記照明光(16)のビーム経路内で前記視野ファセットミラー(19)の下流に配置された瞳ファセットミラー(20)の該瞳ファセット(20a)に各場合に割り当てられる該個別ミラー群(25)にグループ分け可能であり、

前記個別ミラー群(25)のこのようにして生成された像が、前記物体視野(5)内で少なくとも部分的に重ね合わされ、

前記視野ファセットミラー(19)の前記個別ミラー(27)は、前記遠視野(56)の面積の少なくとも80%の比率が該個別ミラー(27)によって覆われ、そのために後者が前記照明光(16)を反射するように前記光源(2)の該遠視野(56)に配置される、

ことを特徴とする照明系(3)。

[当初請求項12]

前記照明光(16)を反射する前記個別ミラー(27)は、前記物体視野(5)内に結像されることを特徴とする当初請求項11に記載の照明系。

[当初請求項13]

当初請求項1から当初請求項9のいずれか1項に記載の照明光学ユニットを含み、物体視野(5)を像視野(11)内に結像するための投影光学ユニット(10)を含む、

ことを特徴とする光学系。

[当初請求項14]

当初請求項10から当初請求項12のいずれか1項に記載の照明系(3)を含み、EUV光源(2)を含み、

物体(7)を物体視野(5)に装着するためのものであって、物体変位ドライブ(9)を用いて変位方向(y)に沿って変位可能である物体ホルダ(8)を含み、

ウェーハ(13)を像視野(11)に装着するためのものであって、ウェーハ変位ドライブ(15)を用いて前記変位方向(y)に沿って変位可能であるウェーハホルダ(14)を含む、

ことを特徴とする投影露光装置(1)。

[当初請求項15]

投影露光の方法であって、

当初請求項14に記載の投影露光装置(1)を与える段階と、

ウェーハ(13)を与える段階と、

リソグラフィマスク(7)を与える段階と、

前記投影露光装置(1)の投影光学ユニット(10)を用いて前記リソグラフィマスク(7)の少なくとも一部を前記ウェーハ(13)の感光層の領域の上に投影する段階と、を含むことを特徴とする方法。

【0020】

図面を参照して本発明の例示的実施形態を下記により詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【0021】

【図1】EUV投影リソグラフィのための投影露光装置を通る略子午断面図である。

【図2】図1に記載の投影露光装置における使用に適する物体視野の照明のための照明光学ユニットの個別ミラーから構成される視野ファセットミラーのセグメントの概略平面図である。

【図3】個別ミラーから構成される視野ファセットミラーの各場合に照明光学ユニットの正確に1つの瞳ファセットに割り当てることができる2つの個別ミラー群の領域内にあり、両方の個別ミラー群の個別ミラー(個々には例示していない)が視野ファセットミラーの共通の変更セクションに配置され、従って、両方の個別ミラー群に割り当てることができるセグメントの概略平面図である。

10

20

30

40

50

【図4】図3に記載の群割り当てによる2つの個別ミラー群の個別ミラーでの反射によって生成された照明強度の投影露光装置の物体視野の視野高さにわたる依存性を示す線図である。

【図5】図3に記載の視野ファセットミラーの変更セクション内の特定の個別ミラーの像を表す個々の物体視野点を強調表示した物体視野の概略平面図である。

【図6】2つの個別ミラー群への変更セクションに配置された個別ミラーの割り当ての変形による図3に記載の視野ファセットミラーのセグメントを示す図3と類似の図である。

【図7】図6に記載の個別ミラー群への個別ミラーの割り当てによる照明の場合の視野高さにわたる照明強度の依存性を示す図4と類似の図である。

【図8】2つの個別ミラー群への変更セクション内の個別ミラーの更に別の割り当てを示す図3と類似の図である。 10

【図9】得られる個別ミラー群での反射によって生成された照明強度の視野高さ依存性に対する図8の割り当ての効果を示す図4と類似の図である。

【図10】変更セクションにおける個別ミラー割り当ての図3に記載の割り当てからの修正における視野高さへの照明強度分布の依存性を示す図4と類似の図である。

【図11】変更セクションにおける個別ミラー割り当ての図6に記載の割り当てからの修正における視野高さへの照明強度分布の依存性を示す図7と類似の図である。

【図12】傾斜の後に3つの個別ミラー群の中から2つの異なる個別ミラー群にそれぞれ割り当てることができる個別ミラーが内部に存在し、具体的には例示していない3つの可能な個別ミラー群への個別ミラーの割り当てを強調表示した視野高さ寸法に対応するセグメントの辺全体にわたって生じる2つの楔形変更セクションがもたらされる個別ミラーから構成される視野ファセットミラーのセグメントの概略平面図である。 20

【図13】図12に記載の視野ファセットミラーのセグメントの変更セクション内に各場合に配置された2つの個別ミラーの像を強調表示した物体視野を示す図5と類似の図である。

【図14 - 14a】図14は、例えば図3及び図6に記載の個別ミラー群の図と比較して有意に縮小した形式で視野ファセットミラー全体を示す平面図であり、図14aは、各場合に照明光学ユニットの瞳ファセット上に光を反射する個別ミラーの個別ミラー群への例示的な割り当てを異なるタイプのハッチングで例示した図14に記載の領域XIV内のセグメント拡大図である。 30

【図15】各場合に互いに隣接する2つの個別ミラー群の間の定められた変更セクション内でそこに存在する個別ミラーの一方の個別ミラー群から他方の個別ミラー群への変更が行われた個別ミラー群への個別ミラーの2つの異なる割り当て構成に関して視野高さにわたる全照明強度の依存性の2つの例を示す線図である。

【発明を実施するための形態】

【0022】

図1は、マイクロリソグラフィのための投影露光装置1を子午断面図に略示している。投影露光装置1は、光源又は放射線源2を含む。投影露光装置1の照明系3は、物体平面6の物体視野5と一致する照明視野を露光するための照明光学ユニット4を有する。この場合に、物体視野5に配置され、物体ホルダ又はレチクルホルダ8によって保持されたレチクル7の形態にある物体が露光される。レチクル7をリソグラフィマスクとも呼ぶ。物体ホルダ8は、物体変位ドライブ9を用いて変位方向に沿って変位可能である。投影光学ユニット10は、物体視野5を像平面12の像視野11に結像するためなどに機能する。レチクル7上の構造は、像平面12の像視野11の領域に配置されたウェーハ13の感光層上に結像される。ウェーハ13は、ウェーハホルダ(同じく例示していない)によって保持される。ウェーハホルダ14もまた、ウェーハ変位ドライブ15を用いて物体ホルダ8と同期方式で変位方向に沿って変位可能である。 40

【0023】

放射線源2は、5nmと30nmの間の範囲の放出使用放射線を有するEUV放射線源である。放射線源2は、プラズマ光源、例えば、GDP (ガス放電生成プラズマ) 光源 50

又は L P P (レーザ生成プラズマ) 光源とすることができます。放射線源 2 に、シンクロトロン又は自由電子レーザ (F E L) を利用する放射線源を使用することができます。当業者は、そのような放射線源に関する情報を例えば U S 6, 8 5 9, 5 1 5 B 2 に見出すことができるであろう。放射線源 2 から射出した E U V 放射線 1 6 は、コレクター 1 7 によってフォーカスされる。対応するコレクターは、E P 1 2 2 5 4 8 1 A から公知である。コレクター 1 7 の下流では、E U V 放射線 1 6 は、中間焦点面 1 8 を通って伝播し、その後に、視野ファセットミラー 1 9 上に入射する。視野ファセットミラー 1 9 は、照明光学ユニット 4 の第 1 のファセットミラーである。視野ファセットミラー 1 9 は、複数の個別ミラー (図 1 には例示していない) を有する。視野ファセットミラー 1 9 は、物体平面 6 に対して光学的に共役な照明光学ユニット 4 の平面に配置される。

10

【0024】

以下では E U V 放射線 1 6 を照明光又は結像光とも呼ぶ。

【0025】

視野ファセットミラー 1 9 の下流において、E U V 放射線 1 6 は、瞳ファセットミラー 2 0 によって反射される。瞳ファセットミラー 2 0 は、照明光学ユニット 4 の第 2 のファセットミラーである。瞳ファセットミラー 2 0 は、中間焦点面 1 8 及び投影光学ユニット 1 0 の瞳平面に対して光学的に共役である又はこの瞳平面と一致する照明光学ユニット 4 の瞳平面に配置される。瞳ファセットミラー 2 0 は複数の瞳ファセット 2 0 a を有し、図 1 にはそのうちの 2 つの瞳ファセット 2 0 a を略示している。瞳ファセットミラー 2 0 の瞳ファセットと、ビーム経路の順番に命名したミラー 2 2、2 3、及び 2 4 を含む伝達光学ユニット 2 1 とを用いて、下記で更に詳しく説明する視野ファセットミラー 1 9 の個別ミラー群 2 5 (例えば、図 2 を参照されたい) が物体視野 5 に結像される。伝達光学ユニット 2 1 の最後のミラー 2 4 は、かすめ入射のためのミラー (「かすめ入射ミラー」) である。

20

【0026】

位置関係の説明を容易にするために、図 1 は、物体平面 6 と像平面 1 2 の間の投影露光装置 1 の構成要素の位置関係の説明のための広域座標系として直交 x y z 座標系を示している。図 1 では、x 軸は作図面と垂直に、その中に入り込むように延びている。図 1 では、y 軸は右に向けて、物体ホルダ 8 及びウェーハホルダ 1 4 の変位方向と平行に延びている。z 軸は図 1 の下向きに、すなわち、物体平面 6 及び像平面 1 2 と垂直に延びている。

30

【0027】

物体視野 5 又は像視野 1 1 にわたる x 寸法を視野高さとも呼ぶ。

【0028】

図 2 は、視野ファセットミラー 1 9 のセグメントの構成の詳細を示している。図 2 に示す視野ファセットミラー 1 9 のセグメントは、例えば、個別ミラー群 2 5 のうちの正確に 1 つのものである。視野ファセットミラー 1 9 の全体の反射面 2 6 が、行列で個別ミラー 2 7 の格子に再分割され、すなわち、個別ミラーアレイを構成する。それぞれの個別ミラー 2 7 を通して照明光 1 6 の部分ビームが案内される。特定の個別ミラー 2 7 の個々の反射面は、凹面様式に具現化される。特定の個別ミラー 2 7 の個々の反射面の別の可能な実施形態において、これらの反射面は平面であり、曲率を持たない。個別ミラー行 2 8 は、互いに直接に横並びで置かれた複数の個別ミラー 2 7 を有する。個別ミラー行 2 8 内には数十個から数百個の個別ミラー 2 7 を設けることができる。図 2 に記載の例では、個別ミラー 2 7 は正方形である。反射面 2 6 をいかなる間隙もなく可能な限り覆うことを可能にする他の形状の個別ミラーを使用することができる。そのような別の個別ミラー形状は、タイル張りの数学理論から公知である。この点に関しては、WO 2 0 0 9 / 1 0 0 8 5 6 A 1 に示されている参考文献を参照されたい。

40

【0029】

視野ファセットミラー 1 9 の実施形態に基づいて、個別ミラー列 2 9 も同じく複数の個別ミラー 2 7 を有する。一例として、個別ミラー列 2 9 每に数十個又は数百個の個別ミラ

50

—27が設けられる。

【0030】

位置関係の説明を容易にするために、図2は、視野ファセットミラー19の局所座標系として直交x y z座標系を描示している。ファセットミラー又はそのセグメントを平面図に示すその後の図においても、対応する局所x y z座標系を示している。図2では、x軸は、右に向けて個別ミラー行28と平行に水平に延びている。図2では、y軸は、個別ミラー列29と平行に上方に延びている。z軸は、図2の作図面に対して垂直であり、そこから出るように延びている。

【0031】

図1に記載の広域座標系のy方向、すなわち、走査方向とも呼ぶレチクル7及びウェーハ13に対する変位方向と、図2に記載の局所座標系のy方向、すなわち、各場合に広域座標系のx y平面に投影された個別ミラーアレイの列方向とは、互いに対しても正確に平行に延びる必要はなく、互いに対してもある角度、例えば、小さい角度を取ることができる。ミラー24による視野成形効果は、局所座標系のy方向と広域座標系のy方向の間の偏向を局所的にもたらす可能性もある。

【0032】

個別ミラー群25の反射面26は、x方向にx₀の広がりを有する。y方向には、個別ミラー群25の反射面26はy₀の広がりを有する。

【0033】

視野ファセットミラー19の実施形態に基づいて、個別ミラー27は、例えば500μm×500μmから例えば2mm×2mmの範囲のx/y広がりを有する。個別ミラー27は、照明光16に対してフォーカス効果を有するように成形することができる。個別ミラー27のそのようなフォーカス効果は、照明光16によるファセットミラー19の発散照明を使用する場合に特に有利である。視野ファセットミラー19全体は、実施形態に基づいて、例えば、300mm×300mm又は600mm×600mmのx/y広がりを有する。個別ミラー群25(図7を参照されたい)は、80mm×6mm、65mm×5mm、25mm×4mm、又は104mm×8mmの標準x₀/y₀広がりを有する。個別ミラー群25が物体視野5内に完全に結像される限り、個別ミラー群25のx₀/y₀アスペクト比は、物体視野5のx/yアスペクト比に対応することができる。実際には、個別ミラー群のアスペクト比は物体視野のアスペクト比から外れ、物体視野のアスペクト比よりも大きい場合がある。それぞれの個別ミラー群25のサイズと、個別ミラー群25を構成する個別ミラー27のサイズとの比に基づいて、個別ミラー群25の各々は、対応する個数の個別ミラー27を有する。個別ミラー群の像が物体視野5を完全に覆う程多くの個別ミラー27を個別ミラー群が含む場合に限り、個別ミラー群を以下では完全個別ミラー群とも呼ぶ。

【0034】

入射照明光16の個々の偏向に向けて、図2で反射面26の左下コーナに配置された2つの個別ミラー27を基に破線に示すように、個別ミラー27の各々は、アクチュエータ30にそれぞれ接続される。アクチュエータ30は、個別ミラー27の各々の反射側から離れる方向に向く側面上に配置される。アクチュエータ30は、例えば、圧電アクチュエータとして具現化することができる。そのようなアクチュエータの構成は、マイクロミラーアレイの構造から公知である。

【0035】

個別ミラー行28のアクチュエータ30は、それぞれ行信号バス32に信号線を通して接続される。個別ミラー行28は、各場合に行信号バス32のうちの1つに割り当てられる。個別ミラー行28の行信号バス32自体は、主信号バス33に接続される。主信号バス33は、視野ファセットミラー19の制御デバイス34に信号接続される。制御デバイス34は、特に個別ミラー27を直列に互いに、すなわち、行毎又は列毎に駆動するように設計される。個別ミラー行28内及び個別ミラー列29内であっても個別ミラー27の個々の駆動が可能である。

10

20

30

40

50

【0036】

個別ミラー27の各々は、2つの互いに垂直な傾斜軸の周りに個々に傾斜可能であり、これらの傾斜軸のうちの第1のものは、x軸と平行に延び、これら2つの傾斜軸のうちの第2のものは、y軸と平行に延びている。2つの傾斜軸は、それぞれの個別ミラー27の個々の反射面内で延びている。

【0037】

視野ファセットミラー19の個別ミラー構成の更なる詳細に関しては、U.S. 2011 / 0001947 A1を参照されたい。

【0038】

既に上述のように、少なくとも2つの個別ミラー27から各々構成される個別ミラー群25への個別ミラー27の予め定められた傾斜グループ分けは、制御デバイス34を用いたアクチュエータ30の個々の駆動によって設定することができる。個別ミラー群25は、照明光16に対する少なくとも1つの専用群ミラー照明チャネルを通じて個別ミラー群25を物体視野5に結像するための瞳ファセットミラー20の少なくとも1つの専用瞳ファセット20aにそれぞれ割り当てられる。この割り当ては、それぞれの個別ミラー27上に入射する照明光16の部分ビームが、当該の個別ミラー27から瞳ファセットミラー20の割り当て瞳ファセットに向けて、更にそこから物体視野5に向けて反射されるような個別ミラー群25に属する個別ミラー27のそれぞれの傾斜位置又は切り替え位置の事前定義によって達成される。この場合に、群ミラー照明チャネルは、照明視野又は物体視野5を照明するための瞳ファセット20aを経由する結像に起因して互いに相補し合うそれぞれの個別ミラー群25の全ての個別ミラー照明チャネルの全体である。従って、個別ミラー群25の各々は、照明視野5の少なくとも1つのセクションの原像と見なすことができる。この場合に、照明視野5の原像は、結像収差に考慮した上で像視野5内に正確に結像される構造形態である。この構造形態を実原像とも呼ぶ。それとは対照的に、照明視野5の理想的な原像は、結像収差を考慮せずに像視野5内に正確に結像される構造形態を表している。

10

【0039】

照明視野又は物体視野5の全体照明は、次に、これらの原像の重ね合わせを構成する。

【0040】

従って、基本的に個別ミラー群25の各々は、U.S. 6,438,199 B1又はU.S. 6,658,084 B2に開示されているもののような視野ファセットミラーのファセットの機能を有する。

20

【0041】

図3は、視野ファセットミラー19のセグメント35を平面図に示している。セグメント35の範囲にある個別ミラー（個々には例示していない）は、異なる瞳ファセット20aを通して物体視野5に結像される2つの個別ミラー群25a、25bに割り当てられる。図3では、セグメント35の範囲にある2つの個別ミラー群25a、25bを異なるハッチングで例示している。

【0042】

セグメント35は、x方向に x_1 という広がりを有し、y方向に y_1 という広がりを有する。アスペクト比 x_1 / y_1 に関して次式が成り立つ。

$$x_1 / y_1 = 3 / 2 \quad x_0 / y_0$$

40

【0043】

従って、2つの個別ミラー群25a、25bを有するセグメント35のx/yアスペクト比は、物体視野5のx/yアスペクト比よりも50%大きい。

【0044】

視野ファセットミラー19のセグメント35は、走査方向yに対して垂直なx方向に3つのセクションに再分割される。これらのセクションの各々は、以下で $[x_i; x_j]$ とも説明する2つの視野高さ x_i と x_j の間の領域を構成する。

【0045】

50

セクション [0 ; $x_1 / 3$] 内では、セグメント 35 の全ての個別ミラーは、正確に 1 つの第 1 の瞳ファセット 20a に割り当てられる。同じくセクション [2 / 3 x_1 ; x_1] 、すなわち、そこに配置された個別ミラー 27 は、他の瞳ファセット 20a に割り当てられる。セクション [0 ; $x_1 / 3$] の範囲にあるセグメント 35 の全ての個別ミラーを傾斜させることにより、例えば、照明設定が変更された時に、これらの個別ミラーを第 1 の瞳ファセット 20a の定義群に対して異なる第 1 の瞳ファセット 20a に割り当てることができる。この割り当て変更は、セグメント 35 のセクション [0 ; $x_1 / 3$] の範囲にある全ての個別ミラーに対して常に一緒に行われる。相応に同じことは、セクション [2 / 3 x_1 ; x_1] 内の個別ミラーにも適用され、第 1 の瞳ファセット 20a の異なる群がここで関わっている。

10

【 0046 】

これらの 2 つのセクションの間には、視野ファセットミラー 19 のセグメント 35 の変更セクション 36 が領域 [1 / 3 x_1 ; 2 / 3 x_1] に位置する。変更セクション 36 は、(x , y) 座標 ($x_1 / 3$, y_1) と (2 / 3 x_1 , 0) の間の分離線 37 を用いて 2 つの変更サブセクション 36a 、 36b に再分割される。変更サブセクション 36a は、 x 座標 [0 ; 1 / 3 x_1] を有するセクションと共に、個別ミラー群 25a を形成する。変更サブセクション 36b は、 x 座標 [2 / 3 x_1 ; x_1] を有するセクションと共に個別ミラー群 25b を形成する。変更サブセクション 36a 、 36b への変更セクション 36 のこの再分割は、そこに配置された個別ミラー 27 の傾斜位置を用いて行われる。この場合に、個別ミラー 27 は、個別ミラー群 25a 、 25b との関係に基づいて、 2 つの個別ミラー群 25a 、 25b のそれぞれの 1 つ内の全ての個別ミラー 27 が共通の瞳ファセット 20a を通して照明光 16 を案内するように傾斜される。

20

【 0047 】

変更セクション 36 は、 x 方向、すなわち、物体変位方向 y と垂直に広がり $x_1 / 3$ を有し、すなわち、広がり $x_0 / 2$ に結像スケール を乗じた広がりで物体視野 5 に結像される。以下では簡略化の目的で、例えば、それぞれの個別ミラー群 25 の広がり x_0 が物体視野広がり x_0 に等しくなるように、この結像スケール が = 1 であると仮定する。従って、物体変位方向 y に対して垂直な変更セクション 36 の広がりは、物体変位方向 y に対して垂直な物体視野 5 の広がり x_0 の半分で物体視野 5 に結像される。

30

【 0048 】

図 4 は、照明強度分布 I に対する 2 つの個別ミラー群 25a 、 25b へのセグメント 35 の再分割の効果を視野高さ範囲 [- $x_0 / 2$; + $x_0 / 2$] の物体視野 5 の視野高さ x の関数として示している。この場合に、個別ミラー群 25a の強度寄与 38 を破線形式で例示しており、個別ミラー群 25b の強度寄与 39 を一点鎖線形式で例示している。視野高さ x にわたる全強度寄与 40 を実線形式で例示している。強度寄与 38 から 40 は、走査方向 y にわたって積分されるそれぞれの視野高さ x の場所に例示したものである。この場合に、視野ファセットミラー 19 のセグメント 35 が一定の照明強度 I_0 で入射を受けると仮定している。

【 0049 】

範囲 [- $x_0 / 2$; 0] 内の個別ミラー群 25a の強度寄与 38 は、最初に値 I_0 において一定であるように推移する。走査方向 y にわたって積分されるこれらの視野高さでは、セグメント 35 の全体の y 幅が物体視野照明に寄与する。

40

【 0050 】

視野高さ範囲 [0 ; $x_0 / 2$] 内では、強度寄与 38 は、値 I_0 から値 0 まで直線的に減少する。この減少は、個別ミラー群 25a の変更サブセクション 36a の y 広がりが、 $x = 2 / 3 x_1$ における個別ミラー群 25a の縁部領域に至るまで相応に直線的に値 0 まで減少することでもたらされる。

【 0051 】

個別ミラー群 25b の強度寄与 39 は、相応に鏡像反転されたものである。変更サブセクション 36b は、物体視野内で直線的に増大する強度寄与がもたらされるように視野高

50

さ範囲 $[x_0/2; 0]$ 内で物体視野照明に寄与する。視野高さ範囲 $[0; x_0/2]$ 内では、 $I = I_0$ において一定の強度寄与 39 がもたらされる。

【0052】

分離線 37 による変更セクション 36 の再分割に起因して、視野高さ $x = 0$ において最大照明強度 $2I_0$ を有し、両方の縁部 $-x_0/2, x_0/2$ に向けて照明強度 I_0 まで直線的に減少する屋根形推移を有する全強度寄与 40 が 2 つの強度寄与 38、39 の和としてもたらされる。

【0053】

従って、図 3 に記載の変更セクション 36 の再分割は、物体視野 5 の中心領域内、すなわち、 $x = 0$ の領域内で物体視野 5 の縁部領域、すなわち、 $x = x_0/2$ の領域内よりも多い個別ミラー照明チャネルにわたる物体変位方向 y に沿って積分される物体視野 5 の照明光入射を生成する。

【0054】

物体視野 5 全体を覆う像を有する個別ミラー群 25 内の個別ミラー 27 の全個数を以下では個別ミラー群 25 毎の個別ミラー 27 の公称個数とも呼ぶ。

【0055】

結像によって物体視野 5 を完全に覆うそのような個別ミラー群を以下では完全個別ミラー群とも呼ぶ。従って、図 2 に記載の個別ミラー群 25 は、完全個別ミラー群である。

【0056】

物体視野 5 の一部分しか覆わない像を有する個別ミラー群を以下では分別個別ミラー群とも呼ぶ。従って、図 3 に記載の個別ミラー群 25a、25b は分別個別ミラー群である。

【0057】

分別個別ミラー群 25a、25b 内の個別ミラー 27 の全個数は、物体視野 5 全体を覆う像を有する図 2 に記載の完全個別ミラー群 25 内の個別ミラー 27 の全個数よりも少ない。これは、分別個別ミラー群 25a、25b が、各場合に全体の変更セクション 36 を含まず、各場合に変更セクション 36 のサブセクション 36a、36b のみを含むことに起因する。従って、個別ミラー群 25a、25b の像は、物体視野 5 の一部分、図示の実施形態の場合は物体視野 5 の全面積の正確に 75% を覆う。視野ファセットミラー 19 上の個別ミラー群 25a、25b に対応する分別個別ミラー群の面積要件は、物体視野 5 全体を覆う像を有する図 2 に記載の個別ミラー群 25 に対応する完全個別ミラー群の面積要件よりも相応に小さい。全体的な視野ファセットミラー 19 の反射面 26 の与えられた面積、又は全体的な視野ファセットミラー 19 の個別ミラー 27 の与えられた全個数を仮定し、変更サブセクション 36a、36b に対応する変更サブセクションを部分的に有するそのような分別個別ミラー群を使用すると、照明光 16 は、各場合に物体視野 5 全体を覆う像を有する完全個別ミラー群 26 への再分割の場合よりも多い個数の瞳ファセット 20a 上に入射することができる。この場合に、視野ファセットミラー 19 の個別ミラー群 25 を経由した照明光 16 による入射を同時に受けることができる瞳ファセット 20a の個数に完全個別ミラー群 25 の公称個数を乗じたものは、結果として視野ファセットミラー 19 上の個別ミラー 27 の実際の個数よりも多い個数の個別ミラー 27 の個数をもたらす。

【0058】

従って、次式が成り立つ。

$$N_{PF} \times N_N > N_{ESP}$$

【0059】

この場合に、 N_{PF} は、瞳ファセットミラー 20 の同時に使用される瞳ファセット 20a の個数である。

【0060】

N_N は、完全個別ミラー群 25 每の個別ミラー 27 の公称個数である。

【0061】

10

20

30

40

50

N_{ESP} は、視野ファセットミラー 19 全体の個別ミラー 27 の個数である。

【0062】

視野高さ x への全強度寄与 40 の依存性、及び分別個別ミラー群 25a、25b への個別ミラー 27 の対応する割り当ては、物体変位方向 y に沿って積分される照明光強度の物体視野高さ x への依存性の補正に使用することができる。

【0063】

図 5 は、物体視野 5 の平面図を略示している。物体視野 5 は、視野高さ寸法 x 内に範囲 $[-x_0/2; x_0/2]$ 内にある x_0 の広がりを有する。 y 方向、すなわち、走査方向には、物体視野 5 は、 $y = y_0$ の広がりを有する。第 1 に図 2 に記載の完全個別ミラー群 25 の x 方向及び y 方向の広がりと、第 2 に物体視野 5 の x 方向及び y 方向の広がりとは、
10 当然ながら個別ミラー群が物体視野 5 内に 1 という結像スケールで結像される場合にのみ同一である。この場合に、 $y_1 = y_0$ 及び $x_1 = x_0$ が成り立つ。他の場合に、第 1 にそれぞれの完全個別ミラー群 25 の寸法と、第 2 に物体視野 5 の寸法とは、当然ながら各場合に x 方向及び y 方向の結像スケールだけ異なる。

【0064】

図 5 は、変更セクション 36 の中心にある選択された個別ミラー 27_i の個別ミラー像 41、42 を示している。個別ミラー 27_i は、それが変更セクション部分群 36a 又は変更セクション部分群 36b のいずれに属するかに基づいて、個別ミラー像 41 又は個別ミラー像 42 のいずれかの上に結像される。個別ミラー像 41、42 は、同じ y 座標、すなわち、 $y_0/2$ を有する。
20

【0065】

視野座標 $(-x_0/4, y_0/2)$ 及び $(+x_0/4, y_0/2)$ を有する個別ミラー像 41、42 は、 x 方向に互いから $x_0/2$ の距離、すなわち、物体視野 5 の x 広がりの半分に対応する距離の場所にある。

【0066】

変更サブセクション 36c、36d への変更セクション 36 の分割の変形を図 6 及び図 7 を参照して下記で説明する。図 1 から図 5、特に図 3 及び図 4 を参照して上述した構成要素及び機能は同じ参照符号を伴い、これらに対して再度詳細に解説することはしない。

【0067】

図 6 に記載の変更セクション 36 の再分割の場合に、分離線 37 は、座標 $(x_1/3, 0)$ と $(2/3x_1, y_1)$ との間で直線的に延びている。ここでもまた、2つの三角形変更サブセクション 36c、36d がもたらされる。この場合に、ここでもまた、同じハッチングに示すように、変更サブセクション 36c は個別ミラー群 25a に属し、変更サブセクション 36d は個別ミラー群 25b に属する。
30

【0068】

得られる個別ミラー群 25a、25b の各々は、矩形の形状と、それに 1 つの点を通して接続した直角三角形の形状とを有する。図 6 に記載の 2 つの個別ミラー群 25a、25b も、図 3 に記載の個別ミラー群 25a、25b と同様に、互いに合同の形状を有する。

【0069】

図 7 は、ここでもまた、視野高さ x に依存して走査方向 y にわたって積分される照明強度に対する図 6 に記載の個別ミラー群 25a、25b の成形の効果を示している。ここでもまた、個別ミラー群 25a の強度寄与 43 を破線形式で例示し、個別ミラー群 25b の強度寄与 44 を一点鎖線形式で例示し、両方の強度寄与 43、44 の和としてもたらされる全強度寄与 45 を実線形式で例示している。
40

【0070】

図 6 に記載の配置の場合にも、変更セクション 36 の外側の個別ミラー群 25a、25b のセクションの各々は、視野高さ x にわたって図 3 に記載の実施形態の場合の照明強度への強度寄与と同じ強度寄与を有する。強度寄与 43、44 の水平推移セクションは、それぞれ視野高さ範囲 $[-x_0/2; 0]$ 及び範囲 $[0; x_0/2]$ 内でもたらされる。

【0071】

10

20

30

40

50

変更サブセクション 3 6 c は、 x 尺法と共に直線的に増大する y 広がりを有するので、 $I = 0$ と $I = I_0$ との間で直線的に増大する強度寄与 4 3 が、物体視野領域 $[0 ; x_0 / 2]$ 内にもたらされる。従って、 $I = I_0$ と $I = 0$ との間で直線的に減少する強度寄与 4 4 が、視野高さ範囲 $[-x_0 / 2 ; 0]$ に対する変更サブセクション 3 6 d の相補形状に起因してもたらされる。

【0072】

従って、変更サブセクション 3 6 c、3 6 d の配置の場合に、物体変位方向 y に沿って積分される物体視野 5 の照明光入射は、物体視野 5 の中心領域 ($x = 0$) 内よりも多い個数の個別ミラー照明チャネルにわたって物体視野 5 の縁部領域内で発生する。

【0073】

全体として、これは、逆さ屋根形状を有し、範囲 $[-x_0 / 2 ; 0]$ 内で最初に $I = 2 I_0$ から $I = I_0$ に減少し、次いで、再度これらの値の間で直線的に増大する全強度寄与 4 5 をもたらす。

【0074】

従って、視野ファセットミラー 1 9 上で第 1 に図 3 に記載のセグメント 3 5 に対応する個別ミラー割り当てを用い、第 2 に図 6 に記載のセグメント 3 5 に対応する個別ミラー割り当てを用いて、例えば、縁部における照明強度が中心におけるものよりも大きく、又は中心における照明強度が縁部におけるものよりも大きい視野高さ x にわたる照明強度の依存性を補償することができる。

【0075】

変更サブセクション 3 6 e、3 6 f への変更セクション 3 6 の分割の変形を図 8 及び図 9 を参照して下記で説明する。図 1 から図 7、特に図 3 から図 6 を参照して上述した構成要素及び機能は同じ参照番号を伴い、これらに対して再度詳細に解説することはしない。

【0076】

図 8 に記載のセグメント 3 5 の場合に、変更セクション 3 6 は、範囲 $[0 ; y_1 / 2]$ 内の y 値に対して変更サブセクション 3 6 e に再分割され、 y 範囲 $[y_1 / 2 ; y_1]$ 内で変更サブセクション 3 6 f に再分割される。

【0077】

図 9 は、この場合の視野高さ x への照明強度 I の依存性に対する効果を示している。 y 方向に各場合に個別ミラーラー群 2 5 a、2 5 b の他のセクションと比較して半分の個数の個別ミラー 2 7 を有する変更サブセクション 3 6 e、3 6 f を経由する照明は、各々視野高さ範囲 $[0 ; x_0 / 2]$ 内に強度寄与 4 6 をもたらし、 $I = I_0 / 2$ である視野高さ範囲 $[-x_0 / 2 ; 0]$ 内に強度寄与 4 7 をもたらす。それによって加算された場合に、全体の視野高さ範囲 $[-x_0 / 2 ; x_0 / 2]$ にわたって $I = 1.5 I_0$ において一定の全強度寄与 4 8 がもたらされる。従って、変更サブセクション 3 6 e、3 6 f の配置の場合に、物体変位方向 y に沿って積分される物体視野 5 の照明光入射は、物体視野 5 の中心領域 ($x = 0$) におけるものと同じ本数の個別ミラー照明チャネルを通じて物体視野 5 の縁部領域内で発生する。従って、変更サブセクション 3 6 e、3 6 f によるセグメント 3 5 の再分割は、視野高さ x にわたって依存しない物体視野 5 の強度入射をもたらす。

【0078】

図 10 及び図 11 は、図 3 及び図 6 に記載の再分割と同様であるが、この場合は直線的に推移する分離線 3 7 ではなく、湾曲して、例えば、放物線状に推移する分離線 3 7 による変更セクション 3 6 の再分割の場合の視野高さ x にわたる照明強度 I の強度依存性の変形を示している。

【0079】

第 1 に強度寄与 3 8 から 4 0 に対する参照符号と、第 2 に強度寄与 4 1 から 4 5 に対する参照符号とは、図 4 及び図 7 を参照して上述したものに対応する。

【0080】

個別ミラーラー群 2 5 c、2 5 d、及び 2 5 e への視野ファセットミラー 1 9 のセグメント 4 9 の更に別の再分割を図 12 及び図 13 を参照して下記で説明する。図 1 から図 11、

10

20

30

40

50

特に図 3 及び図 5 を参照して上記で既に解説したものに対応する構成要素及び機能は同じ参照符号を伴い、これらに対して再度詳細に説明することはしない。

【0081】

セグメント 49 は、3つの個別ミラー群 25c から 25e に再分割される。これらの個別ミラー群が完全個別ミラー群である場合に、これらの個別ミラー群は、 x_0 という x 広がりと y_0 という y 広がりとを有する。

【0082】

任意的に個別ミラー群 25c 又は 25d に割り当てる能够する個別ミラー 27 は、セグメント 49 内の第 1 の変更セクション 50 に配置される。

【0083】

任意的に個別ミラー群 25d 又は 25e に割り当てる能够する個別ミラー 27 は、セグメント 49 内の第 2 の変更セクション 51 に配置される。

【0084】

図 3、図 6、及び図 8 に記載の実施形態の変更セクション 36 とは異なり、2つの変更セクション 50、51 は、セグメント 49 の全体の x 広がりにわたって、すなわち、長さ x_0 にわたって延びている。

【0085】

変更セクション 36、50、51 は、完全個別ミラー群の広がりの 5 % と 80 % の間に達する広がりを有することができる。

【0086】

変更セクション 50、51 は、各場合に三角形である。変更セクション 50 の y 広がりは、 $y = 0$ から $y = y_1 / 4$ まで正の x 方向に直線的に増大する。任意的に個別ミラー群 25c 又は 25d に割り当てる能够する個別ミラー 27 は、セグメント 49 内の第 1 の変更セクション 50 に配置される。

【0087】

相応に、変更セクション 51 の y 広がりは、広がり $y = 0$ から広がり $y = y_1 / 4$ まで負の x 方向に増大する。任意的に個別ミラー群 25d 又は 25e に割り当てる能够する個別ミラー 27 は、セグメント 49 内の更に別の変更セクション 51 に配置される。

【0088】

2つの個別ミラー群 25c と 25e の間に置かれた個別ミラー群 25d が、2つの変更セクション 50、51 を完全に使用する場合に、すなわち、これらの変更サブセクション 50、51 内の全ての個別ミラーが個別ミラー群 25d に割り当てる場合に、アスペクト比 x_0 / y_0 を有する完全個別ミラー群としての個別ミラー群 25d は、角度だけ傾斜された完全個別ミラー群に対応する形状を有する。この傾斜した完全個別ミラー群 25d は、次に、群ミラー 照明チャネルの経路を通して物体視野 5 に結像する能够、完全個別ミラー群 25 の傾斜した輪郭によって高精度で補償される結像傾斜がもたらされる。結像傾斜の補償がもたらされる。

【0089】

変更セクション 50 が、図 12 の上側個別ミラー群 25d に完全に割り当てる場合に、完全個別ミラー群 25c がもたらされる。変更セクション 51 が図 12 の下側個別ミラー群 25e に割り当てる場合に、今度は完全個別ミラー群 25e がもたらされる。

【0090】

図 13 は、選択される 2つの個別ミラー 27j、27k の個別ミラー群割り当てに依存する変更セクション 50 及び 51 内のこれらの個別ミラーの像を物体視野 5 内に示している。

【0091】

個別ミラー群 25c への割り当ての場合の個別ミラー 27j の像 52 は、物体視野 5 内の右下象限内にもたらされる。個別ミラー群 25d への遠視野 27j の割り当ての場合に、この視野ファセット 27j の像 53 が、物体視野 5 の右上象限内にもたらされる。これら 2つの像 52、53 の間の y 距離 y_j は、走査方向 y に沿って 40 % よりも大きく、例

10

20

30

40

50

えば、 $0.7 y_0$ である。

【0092】

個別ミラー群 25b 又は 25d への個別ミラー 27k の割り当ての場合に、その像 54、55 が相応にもたらされる。像 54 と 55 の間の y 方向の距離 y_k は、この場合にも $0.7 y_0$ である。距離 y_j 、 y_k は、個別ミラー 27j、27k が変更セクション 50、51 内でどの x 座標を有するかに依存する。

【0093】

図 14 は、個別ミラー群 25 への視野ファセットミラー 19 全体の分割を示している。この場合に、視野ファセットミラー 19 の各個別ミラー 27 は、正確に 1 つの個別ミラー群 25 に割り当てられる。個別ミラー群 25 は、第 1 に完全個別ミラー群であり、第 2 に分別個別ミラー群である。視野ファセットミラー 19 の個別ミラー 27 は、光源 2 の遠視野 56 (図 1 も参照されたい) 内に、遠視野 56 の面積の少なくとも 80% が個別ミラー 27 によって覆われて個別ミラー 27 が照明光 16 を反射するように配置される。

10

【0094】

図 15 は、完全個別ミラー群と分別個別ミラー群とへの視野ファセットミラー 19 の分割に依存して達成することができる視野高さ \times にわたる走査積分照明強度の 2 つの異なる分布を例示している。この図は、各場合に視野ファセットミラー 19 の全ての個別ミラー 27 の使用により、第 1 に大きい \times 依存性を有する強度分布 57 及び第 2 に事実上消失する \times 依存性を有する強度分布 58 を達成することができることを示している。これら 2 つの異なる強度分布 57、58 を達成するために、特定の個別ミラー 27 は、各場合に他の個別ミラー群に視野ファセットミラー 19 のセグメント内の対応する変更セクション内だけにおいて割り当てられる。

20

【0095】

原理的には、変更セクション構成は、個別ミラーの変更の場合に、個別ミラー傾斜位置に基づいて、この個別ミラーが物体視野の異なる視野高さに結像されるようなものとすることができる。一般的に、これは、物体視野高さにわたる強度分布の補正に使用することができる。これに代えて、変更セクションに配置された個別ミラーの変更は、個別ミラー群の間のこの個別ミラーの傾斜位置に基づいて、物体視野内のこの個別ミラーの視野高さ位置のいかなる変更ももたらされないように構成することができる。これは、物体視野内への個別ミラー群の結像の補正に使用することができ、この補正は、照明強度分布の視野高さ依存性に影響を及ぼさない。

30

【0096】

記述した補正又は補償機構は、個別ミラー照明チャネルを通じて案内される光が失われることなく補正を実施することができるので損失不在である。

【0097】

投影露光装置 1 を用いた投影露光中に、最初に照明系 3 が設定され、視野ファセットミラー 19 は、使用すべき遠視野面積の少なくとも 80% を個別ミラー 27 によって覆うように設計及び配置される。次いで、定められた変更セクションを含む個別ミラー群への視野ファセットミラー 19 の個別ミラーアレイの再分割が予め定められる。これには、予め定められた照明設定、すなわち、与えられた照明角度分布に関する走査積分照明強度の \times 依存性を測定する段階を含む較正測定が次に続く。それによって例えば強度分布 57 に対応する \times 依存性をもたらすことができる。その後に、変更セクションに配置された個別ミラー 27 の割り当てを各場合に他の個別ミラー群に適切に変更することにより、走査積分照明強度の \times 依存性の補償は、例えば、強度分布 58 のタイプの分布がもたらされるまで実施される。例示的に、強度分布 57 のタイプの分布を補償するために、図 6 及び図 7 のタイプの変更セクション内の個別ミラー 27 は、視野中心 (領域 $x = 0$) においてより高い強度が補償されるように個別ミラー群に割り当てることができる。

40

【0098】

照明系 3 のこの設定が実施された後に、微細又はナノ構造化構成要素、特に半導体構成要素、例えば、マイクロチップのリソグラフィ生成に向けて、物体視野 5 内のレチクル 7

50

の少なくとも一部は、像視野 11 内のウェーハ 13 上の感光層の領域上に結像される。この場合に、レチクル 7 とウェーハ 13 は、時間同期方式で y 方向に連続的にスキャナ作動で移動される。

【符号の説明】

【0099】

25a、25b 個別ミラー群

35 視野ファセットミラーのセグメント

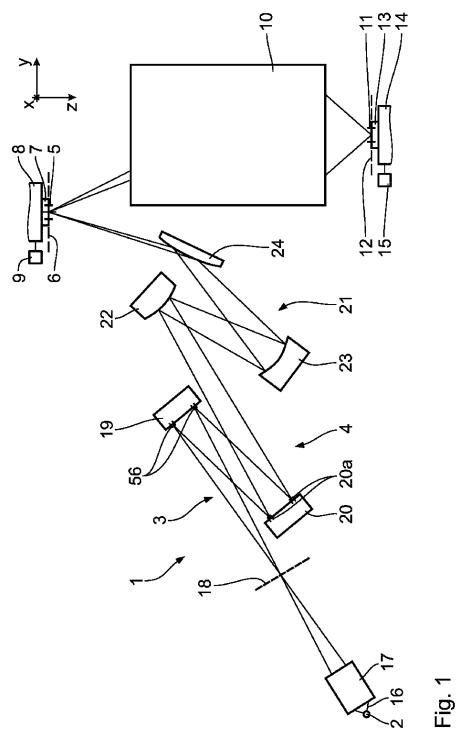
36 変更セクション

36a、36b 変更サブセクション

37 分離線

10

【図 1】



【図 2】

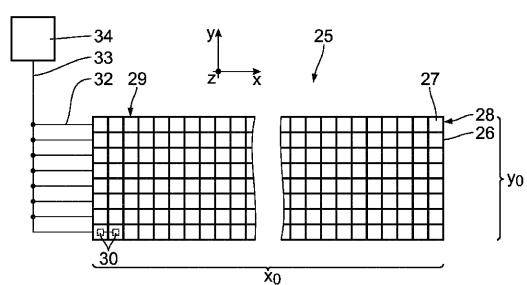


Fig. 2

【図 3】

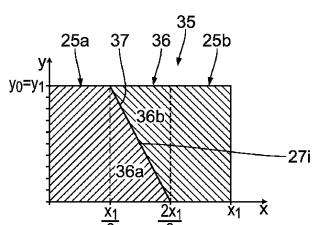


Fig. 3

【図4】

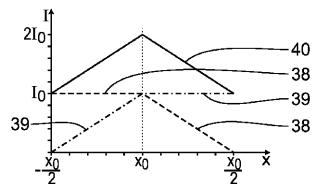


Fig. 4

【 図 5 】

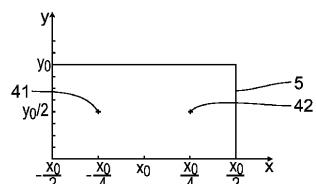


Fig. 5

〔 6 〕

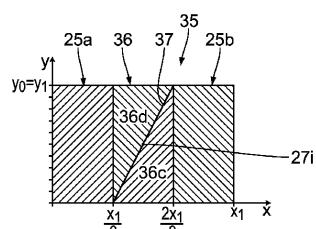


Fig. 6

【図9】

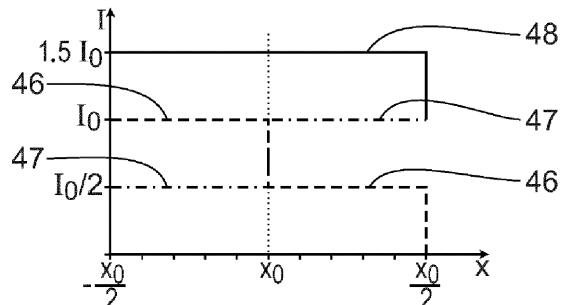


Fig. 9

【図10】

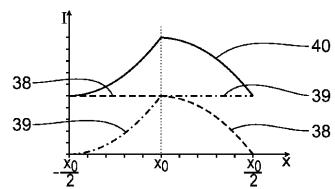


Fig. 10

【図7】

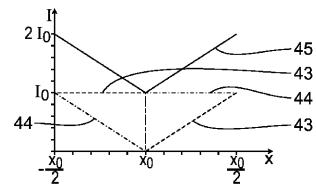


Fig. 7

【 四 8 】

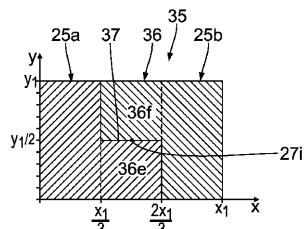


Fig. 8

【図 1 1 】

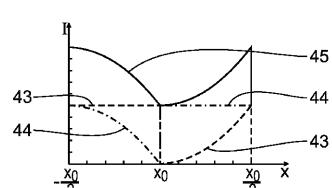


Fig. 11

【 12 】

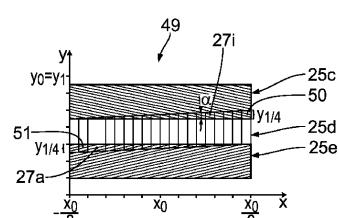


Fig. 12

【 1 3 】

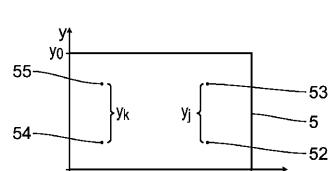


Fig. 13

【図 1 4 - 1 4 a】

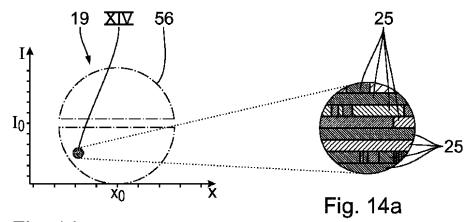


Fig. 14

Fig. 14a

【図 1 5】

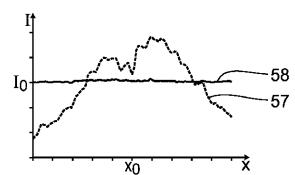


Fig. 15

フロントページの続き

(74)代理人 100109070
弁理士 須田 洋之

(74)代理人 100120525
弁理士 近藤 直樹

(74)代理人 100158469
弁理士 大浦 博司

(72)発明者 エンドレス マルティン
ドイツ連邦共和国 89551 ケーニヒスプロン ヴォレンベルクシュトラーセ 7

審査官 田口 孝明

(56)参考文献 特開2003-022967 (JP, A)
特開2012-169634 (JP, A)
特開2006-128321 (JP, A)
特表2011-512659 (JP, A)
特開2012-178573 (JP, A)
特表2013-503460 (JP, A)
特表2012-530367 (JP, A)
特開2011-077142 (JP, A)
米国特許出願公開第2012/0069313 (US, A1)
米国特許出願公開第2010/0141918 (US, A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

I P C H 0 1 L 2 1 / 3 0、
2 1 / 0 2 7、
2 1 / 4 6、
G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4、
9 / 0 0 - 9 / 0 2