(19)日本国特許庁(JP)　(12)特　許　公　報(B2)　(11)特許番号
特許第6534384号
(P6534384)
(45)発行日　令和1年6月26日(2019.6.26)　(24)登録日　令和1年6月7日(2019.6.7)

(51)Int.Cl.　F I
G03F 7/20 (2006.01)　G03F 7/20 501
G02B 7/185 (2006.01)　G03F 7/20 521
G02B 7/185

請求項の数 30　(全 32 頁)

(21)出願番号　特願2016-519957(P2016-519957)
(86)(22)出願日　平成26年10月1日(2014.10.1)
(65)公表番号　特表2016-534381(P2016-534381A)
(43)公表日　平成28年11月4日(2016.11.4)
(86)国際出願番号　PCT/EP2014/071096
(87)国際公開番号　WO2015/049319
(87)国際公開日　平成27年4月9日(2015.4.9)
審査請求日　平成29年10月2日(2017.10.2)
(31)優先権主張番号　102013219986.4
(32)優先日　平成25年10月2日(2013.10.2)
(33)優先権主張国　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】マイクロリソグラフィのための投影露光方法及び投影露光装置

(57)【特許請求の範囲】
【請求項１】
パターンが、投影レンズの物体平面の領域に配置され、かつ該物体平面に対して光学的に共役である該投影レンズの像平面内に該投影レンズを用いて結像することができるように投影露光装置の照明系と該投影レンズの間にパターンを設ける段階であって、パターンの結像関連特性をパターンデータによって特徴付けることができる前記設ける段階と、
使用事例に特定のものであり、かつ照明設定データによって特徴付けることができる照明設定に従って前記照明系によって与えられる照明放射線でパターンの照明領域を照明する段階と、
を含むパターンの少なくとも１つの像で感放射線基板を露光するための投影露光方法であって、
前記使用事例に特定のものであり、かつパターンデータ及び／又は照明設定データを含む使用事例データを決定する段階と、
前記使用事例データを用いて結像仕様データを決定する段階と、
前記投影レンズの結像挙動を前記使用事例に適応させる目的で、前記結像仕様データに依存する方式で該投影レンズの制御ユニットを用いて該投影レンズの制御可能光学構成要素を制御する段階と、
前記使用事例に適応された前記投影レンズを用いて基板の上に前記パターンを結像する段階と、
を含み、

結像仕様S_kに関して、コア領域内の第１の視野点に対する結像仕様S_k（FP_i）と周辺領域内の第２の視野点に対する対応する結像仕様S_k（FP_j）との間の仕様比が、α≧１．５である場合に以下の条件：
$max(S_k(FP_i)/S_k(FP_j), S_k(FP_j)/S_k(FP_i)) \geqq \alpha$
が成り立つように値１から外れるように、
結像仕様データが、少なくとも２つの視野点の結像仕様データが少なくとも１つの結像仕様に関して異なるように前記使用事例データに関して決定される、
ことを特徴とする投影露光方法。

【請求項２】
前記パターンデータ及び／又は前記照明設定データの少なくとも一部分が、前記投影レンズに関するデータ取得のために機能する１つ又は複数の測定によって決定され、
前記結像仕様データを決定するのに必要とされる前記使用事例データの好ましくは全てが、該投影レンズに対する１つの測定又は複数の測定によって決定される、
ことを特徴とする請求項１に記載の投影露光方法。

【請求項３】
前記パターンデータは、コア領域の構造に関する定量的情報を含む少なくともコア領域構造データを含み、
コア領域が、前記パターン内の互いに平行な線の群の最小線間隔及び／又は最小周期長を有する領域であり、該コア領域の該線は、該コア領域構造を形成する、
ことを特徴とする請求項１又は請求項２に記載の投影露光方法。

【請求項４】
前記パターンデータは、前記パターンのコア領域構造の線の向きを表すコア領域構造方位データを含むことを特徴とする請求項１、請求項２、又は請求項３に記載の投影露光方法。

【請求項５】
前記コア領域構造方位データは、ユーザによって前記照明系上に設定された二重極照明の極の向きに関する情報を含む照明設定データから導出されることを特徴とする請求項４に記載の投影露光方法。

【請求項６】
前記パターンデータは、前記コア領域方位データに加えて、以下の群：
前記パターン内のコア領域構造の線の位置を表すコア領域構造位置データ、
前記パターンの周辺構造の線の向きを表す周辺領域構造方位データ、
前記パターン内の周辺構造の線の位置を表す周辺領域構造位置データ、
から選択される１又は２以上のデータを含む、
ことを特徴とする請求項４又は請求項５に記載の投影露光方法。

【請求項７】
前記結像仕様S_kは、奇数次ゼルニケ係数又は奇数次ゼルニケ係数の線形結合によって説明することができることを特徴とする請求項１に記載の投影露光方法。

【請求項８】
前記結像仕様データは、以下の群：
少なくとも１つの態様において異なる結像仕様データ、を有する２つの視野点が存在し、及び／又はｎ次の波面展開関数に関する波面に対する前記波面仕様が、９０°／ｎの角度だけ回転した該波面から少なくとも１つの態様において異なる１つの視野点が存在する、
ようなコア領域構造方位データ、コア領域構造位置データ、周辺構造方位データ、周辺構造位置データ、
から選択される１又は２以上の構造データを含み、
この差は、前記選択された構造データに寄与可能である、
ことを特徴とする請求項１から請求項７のいずれか１項に記載の投影露光方法。

【請求項９】

使用事例に関する使用事例データ及び／又は結像仕様データの少なくとも１つの部分集合が、外在的データ取得を用いて決定され、かつ前記投影レンズの前記制御ユニットに通信され、

前記外在的データ取得は、以下の群：

ユーザインタフェースを通じたユーザによる照会、

前記投影露光装置の制御ユニットに対してアクセス可能なメモリからの検索、

前記投影露光装置の前記照明系上の設定に関する情報からの決定、

露光されるマスクに関する情報からの決定、

からの少なくとも１つの手段を含む、

ことを特徴とする請求項１から請求項８のいずれか１項に記載の投影露光方法。

【請求項１０】

使用事例に関する使用事例データの少なくとも１つの部分集合が、前記投影レンズ上又は内の少なくとも１つの測定による内在的データ取得を用いて決定され、かつ該投影レンズの前記制御ユニットに通信されることを特徴とする請求項１から請求項９のいずれか１項に記載の投影露光方法。

【請求項１１】

使用事例データを決定する段階は、前記投影レンズの前記物体平面から前記像平面の方向に通過する投影放射線の少なくとも１つの特性を表す投影放射線データを自動方式で決定する段階を含むことを特徴とする請求項１から請求項１０のいずれか１項に記載の投影露光方法。

【請求項１２】

投影放射線データの前記決定は、１つ又は複数の視野点での前記投影放射線の波面の測定を含むことを特徴とする請求項１１に記載の投影露光方法。

【請求項１３】

投影放射線データの前記決定は、投影ビーム経路において前記物体平面と前記像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面での前記投影放射線の放射線強度の２次元分布を表す強度分布データの決定を含むことを特徴とする請求項１１又は請求項１２に記載の投影露光方法。

【請求項１４】

前記投影レンズの前記ビーム経路に配置された光学要素の少なくとも１つの光学面が、基準面として使用されることを特徴とする請求項１３に記載の投影露光方法。

【請求項１５】

前記光学要素は、ミラーであり、前記光学面は、ミラー面であることを特徴とする請求項１４に記載の投影露光方法。

【請求項１６】

強度分布データを決定するために、前記基準面での２次元温度分布が、空間分解方式で測定されることを特徴とする請求項１３、請求項１４、又は請求項１５に記載の投影露光方法。

【請求項１７】

前記２次元温度分布は、１つ又は複数の熱撮像カメラを用いて又は１つ又は複数の他の温度センサを用いて取得されることを特徴とする請求項１６に記載の投影露光方法。

【請求項１８】

第１の強度分布データが、前記投影レンズの瞳平面に又はそれに近接して位置する第１の基準面で決定され、照明設定データが、該第１の強度分布データを用いて決定されることを特徴とする請求項１３から請求項１７のいずれか１項に記載の投影露光方法。

【請求項１９】

パターンが、投影レンズの物体平面の領域に配置され、かつ該物体平面に対して光学的に共役である該投影レンズの像平面内に該投影レンズを用いて結像することができるように投影露光装置の照明系と該投影レンズの間にパターンを設ける段階であって、パターンの結像関連特性をパターンデータによって特徴付けることができる前記設ける段階と、

使用事例に特定のものであり、かつ照明設定データによって特徴付けることができる照明設定に従って前記照明系によって与えられる照明放射線でパターンの照明領域を照明する段階と、
を含むパターンの少なくとも１つの像で感放射線基板を露光するための投影露光方法であって、
前記使用事例に特定のものであり、かつパターンデータ及び／又は照明設定データを含む使用事例データを決定する段階と、
前記使用事例データを用いて結像仕様データを決定する段階と、
前記投影レンズの結像挙動を前記使用事例に適応させる目的で、前記結像仕様データに依存する方式で該投影レンズの制御ユニットを用いて該投影レンズの制御可能光学構成要素を制御する段階と、
前記使用事例に適応された前記投影レンズを用いて基板の上に前記パターンを結像する段階と、
を含み、
使用事例データを決定する段階は、前記投影レンズの前記物体平面から前記像平面の方向に通過する投影放射線の少なくとも１つの特性を表す投影放射線データを自動方式で決定する段階を含み、
投影放射線データの前記決定は、投影ビーム経路において前記物体平面と前記像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面での前記投影放射線の放射線強度の２次元分布を表す強度分布データの決定を含み、
第２の強度分布データが、前記投影レンズの視野平面に又はそれに近接して位置する第２の基準面で決定され、パターンデータが、該第２の強度分布データを用いて決定されることを特徴とする投影露光方法。
【請求項２０】
パターンが、投影レンズの物体平面の領域に配置され、かつ該物体平面に対して光学的に共役である該投影レンズの像平面内に該投影レンズを用いて結像することができるように投影露光装置の照明系と該投影レンズの間にパターンを設ける段階であって、パターンの結像関連特性をパターンデータによって特徴付けることができる前記設ける段階と、
使用事例に特定のものであり、かつ照明設定データによって特徴付けることができる照明設定に従って前記照明系によって与えられる照明放射線でパターンの照明領域を照明する段階と、
を含むパターンの少なくとも１つの像で感放射線基板を露光するための投影露光方法であって、
前記使用事例に特定のものであり、かつパターンデータ及び／又は照明設定データを含む使用事例データを決定する段階と、
前記使用事例データを用いて結像仕様データを決定する段階と、
前記投影レンズの結像挙動を前記使用事例に適応させる目的で、前記結像仕様データに依存する方式で該投影レンズの制御ユニットを用いて該投影レンズの制御可能光学構成要素を制御する段階と、
前記使用事例に適応された前記投影レンズを用いて基板の上に前記パターンを結像する段階と、
を含み、
使用事例データを決定する段階は、前記投影レンズの前記物体平面から前記像平面の方向に通過する投影放射線の少なくとも１つの特性を表す投影放射線データを自動方式で決定する段階を含み、
投影放射線データの前記決定は、投影ビーム経路において前記物体平面と前記像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面での前記投影放射線の放射線強度の２次元分布を表す強度分布データの決定を含み、
第１の基準面が、前記投影レンズの瞳平面に又はそれに近接して配置され、第２の基準面が、該投影レンズの視野平面に又はそれに近接して配置され、

第１の強度分布データが、前記第１の基準面で決定され、第２の強度分布データが、前記第２の基準面で決定され、
前記パターンデータ及び／又は照明設定データは、前記第１及び前記第２の強度分布データを用いて決定される、
ことを特徴とする投影露光方法。
【請求項２１】
使用事例分類データが、前記投影露光装置の制御ユニットに対してアクセス可能なメモリに格納され、該データは、照明設定と前記照明領域内のマスク構造との多数の組合せに関して、前記物体平面と前記像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面に対する対応する強度分布データを含み、
投影放射線データが、前記使用事例分類データを用いて決定される、
ことを特徴とする請求項１から請求項２０のいずれか１項に記載の投影露光方法。
【請求項２２】
使用事例比較データを生成する目的のために第１の投影露光の第１の使用事例データを直後に続く第２の投影露光の第２の使用事例データと比較する段階、
を特徴とする請求項１から請求項２１のいずれか１項に記載の投影露光方法。
【請求項２３】
前記使用事例比較データに依存する方式で前記使用事例の変化を示す使用事例変化信号を生成する段階、
を特徴とする請求項２２に記載の投影露光方法。
【請求項２４】
１次放射線源の１次放射線を受光するためのかつマスク（Ｍ）の上に向けられた照明放射線（ＩＬＲ）を生成するための照明系（ＩＬＬ）と、
投影レンズの像平面（ＩＳ）の領域にパターン（ＰＡＴ）の像を生成するための投影レンズ（ＰＯ）と、
パターンが前記投影レンズの物体平面（ＯＳ）の領域に配置されるように前記照明系と該投影レンズの間にマスクを保持するためのマスク保持ユニット（ＲＳＴ）と、
基板の感放射線面が、前記物体平面に対して光学的に共役である前記投影レンズの前記像平面（ＩＳ）の前記領域に配置されるように基板を保持するための基板保持ユニット（ＷＳＴ）と、
を含むマスク（Ｍ）のパターンの少なくとも１つの像で感放射線基板（Ｗ）を露光するための投影露光装置（ＷＳＣ）であって、
前記投影レンズの結像挙動を特定の使用事例に適応させるためのシステムであって、
前記使用事例に特定の使用事例データ（ＵＣＤ）を決定するためのユニットと、
前記使用事例データを用いて結像仕様データ（ＡＳＤ）を決定するためのユニットと、
前記投影レンズに割り当てられ、該投影レンズの制御可能光学構成要素が、該投影レンズ（ＰＯ）の前記結像挙動を前記使用事例に適応させるために前記結像仕様データに依存する方式で制御ユニットによって制御可能であるように構成された制御ユニット（ＣＵ）と、
を含む前記システムを含み、
使用事例データを決定するための前記ユニットは、以下の群：
前記マスクから露光される前記基板まで前記投影レンズ内を通過する投影放射線の波面を測定するための波面測定システム（ＷＭＳ）、
前記マスクの前記パターンの構造を測定するように設計されたレチクル測定システム（ＲＭＳ）、
投影ビーム経路において前記物体平面と前記像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面での前記投影放射線の放射線強度の２次元分布を表す強度分布データを決定するためのユニット、
から選択される１つ又は複数の測定及び取得ユニットに接続された内在的データ取得のためのユニット（ＩＤＡ）を含む内在的データ取得のためのシステムを有し、

内在的データ取得のための前記システムは、
前記投影レンズの瞳平面に又はそれに近接して位置する第１の基準面での第１の強度分布データを決定するための第１のユニットと、
前記投影レンズの視野平面に又はそれに近接して位置する第２の基準面での第２の強度分布データを決定するための第２のユニットと、
を有する、
を特徴とする投影露光装置（ＷＳＣ）。
【請求項２５】
強度分布データを決定するための前記ユニットは、以下の群：
基準面として機能する光学要素の光学面での照明領域内の局所温度を空間分解方式で取得し、かつそこから該光学面での２次元温度分布を決定するように設計された温度測定システム（ＭＴＳ）、
基準面として機能する前記投影レンズの光学要素の前記光学面での２次元熱分布の空間分解式記録のための熱撮像カメラ（ＭＷＢＫ）、
からの少なくとも１つの要素を有することを特徴とする請求項２４に記載の投影露光装置。
【請求項２６】
基準面として機能する前記光学面を有する前記光学要素は、ミラーであることを特徴とする請求項２４又は請求項２５に記載の投影露光装置。
【請求項２７】
部分口径比ＳＡＲが、前記第１の基準面では０．７から１の範囲にあり、前記第２の基準面では０から０．３の範囲にあることを特徴とする請求項２４に記載の投影露光装置。
【請求項２８】
使用事例データを決定するための前記ユニットは、以下の群：
ユーザによるデータの入力のためのコンピュータ端末（ＣＴ）を有するユーザインタフェース、
前記制御ユニットに対してアクセス可能であり、かつ前記照明系に関する、前記投影レンズに関する、及び／又はレチクルに関する情報の形態にある前記使用事例データの少なくとも一部分が格納されたメモリ（Ｄ）、
投影露光装置の前記照明系（ＩＬＬ）上の設定に関する情報をそれを通じて取り出すことができるデータ線、
前記レチクルに関する情報を読み込むためのレチクルデータ取得ユニット（ＲＢＣＳ）、
から選択される１つ又は複数のユニットに接続された外在的データ取得のためのユニット（ＥＤＡ）を含む外在的データ取得のためのシステムを有することを特徴とする請求項２４から請求項２７のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【請求項２９】
前記投影レンズの１つの制御可能光学構成要素が、瞳面に又はそれに近接して配置されたミラー（Ｍ２）であり、それに対して該ミラーのミラー面を１次元又は２次元で変形させることを可能とする多数の個々に駆動可能なアクチュエータを有する変形マニピュレータ（ＭＡＮ２）が割り当てられることを特徴とする請求項２４から請求項２７のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【請求項３０】
請求項１から請求項２３のいずれか１項に記載の投影露光方法を実施するように構成されることを特徴とする請求項２４から請求項２９のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【発明の詳細な説明】
【技術分野】
【０００１】
本発明は、当初請求項１の前文に記載の感放射線基板をパターンの少なくとも１つの像で露光するための投影露光方法、及び当初請求項２７の前文に記載の本方法を実施するの

に適する投影露光装置に関する。

【背景技術】

【０００２】

現在、半導体構成要素及び他の微小構造化構成要素、例えば、マイクロリソグラフィのためのマスク（レチクル）を生成するのにマイクロリソグラフィ投影露光方法が主として使用されている。この場合に、結像される特定の構造パターン、例えば、半導体構成要素の層の線パターンを担持するマスク（フォトマスク、レチクル）が多くの場合に使用される。パターンはまた、一部の他のパターンユニットを用いて、例えば、駆動に依存して異なるパターンを生成することができる駆動可能パターンユニットを用いて形成することができる。

【０００３】

パターンユニットは、パターンが投影レンズの物体平面の領域に位置するように投影露光装置内で照明系と投影レンズの間のビーム経路に位置決めされる。露光される基板、例えば、感放射線層（レジスト、フォトレジスト）で被覆された半導体ウェーハは、物体平面に対して光学的に共役な投影レンズの像平面の領域内にこの基板の感放射線面が配置されるように保持される。露光工程中に、パターンは、パターン上に向けられ、かつ定められた形態及びサイズを有する照明視野内のパターン上に入射する照明放射線を１次放射線源の放射線から成形する照明系を用いて照明される。パターンによって変更された放射線は、露光工程中に投影放射線として投影レンズを通過し、投影レンズは、感放射線層で被覆された露光されることになる基板上にパターンを結像する。

【０００４】

照明放射線は、各使用事例に対して特定の照明パラメータによって特徴付けることができる。本明細書では、一般的に照明パラメータを照明設定と呼び、照明設定は、使用事例に特定のものであり、照明設定データによって特徴付けることができる。

【０００５】

投影露光装置のための一部の照明系は、例えば、異なるコヒーレンス度σを有する従来の軸上照明と軸外照明との間で切り換えることができる。軸外照明設定は、例えば、環状照明、又は例えば二重極照明、四重極照明、又はあらゆる他の多重極照明のような極照明を含む。使用事例に対して最適な照明設定の選択は、通常は結像されるパターン及び他の境界条件に依存する方式で投影露光装置のエンドユーザによって行われる。照明設定データは、そのような照明設定の特定のパラメータを含むことができる。

【０００６】

照明設定は、通常は結像されるパターンの構造、及び適切な場合は他の影響ファクタに依存する特定の工程に対してユーザによって定められ、照明系上に設定される。パターンの結像関連特性は、パターンデータによって特徴付けることができる。

【０００７】

パターンデータは、例えば、パターンが含む構造のタイプ、及び適切な場合は異なるパターン構造（すなわち、異なる部分パターン）がパターン内でどのように局所的に配分されているかに関する情報を含む。パターンは、例えば、投影レンズが相応に高い分解能を有する場合にのみ基板上に必要に応じて結像することができる互いに非常に近接して延びる線を有する１つ又は複数の領域を含むことができる。互いに平行な線の群の最小線間隔及び／又は最小周期長（ピッチ）を有する領域を本出願ではコア領域と呼ぶ。コア領域の線は、「コア領域構造」を形成する。選択された照明設定が、極の間の接続線の向きが微小構造の結像される線の長手方向と垂直に定められる二重極照明であるという理由から、そのような微小構造を必要に応じて結像することを可能にするために、多くの場合に２ビーム干渉条件が使用される。その結果、微小構造の向きも、適切な照明設定の選択において重要な役割を演ずる。

【０００８】

典型的に、パターンはまた、投影レンズの結像品質の要件をそれ程厳しいものにしない大まかな構造を有する領域を含む。一例として、完成基板内で微小構造への給送線を形成

する互いからより大きい距離の場所に位置する線を設けることができる。結像品質、特に投影レンズの分解能の要件をそれ程厳しいものにしないそのような構造を本出願では「周辺構造」とも呼ぶ。

【０００９】

投影レンズの生成に関して、取りわけ、構造化構成要素の生成にかかわる投影レンズの全使用時間の途中でエンドユーザがどのパターンタイプを使用することになるかが未知であるという問題が生じる。これは、通常、必要に応じて非常に細かい構造又はいかなるタイプの構造であっても満足に結像することができるように、投影レンズの結像品質に対して非常に厳しい仕様をもたらす。適切な汎用投影レンズを提供することに関する複雑さ及びコストは、結像品質からなる要件が、例えば、二重パターン化又は四重パターン化によって増大するので、極めて高い程度まで相応に増大する。投影レンズの性能の限界に達している。

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１０】

【特許文献１】ＵＳ　８，２０３，６９６　Ｂ２
【特許文献２】ＵＳ　７，３３３，２１６　Ａ１
【特許文献３】ＵＳ　６，６５０，３９９　Ａ１
【特許文献４】ＷＯ　２００９／１００８５６　Ａ１
【特許文献５】ＷＯ　２０１０／０４９０２０　Ａ１
【特許文献６】ＷＯ　２００４／０１９１２８　Ａ２
【特許文献７】ＷＯ　２００５／１１１６８９　Ａ２

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

本発明の目的は、異なる作動条件の下で基板上に生成される構造の高い品質を保証する投影露光方法を提供することである。本発明の更に別の目的は、この投影露光方法を実施するのに適する投影露光装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【００１２】

この目的は、当初請求項１に記載の特徴を含む投影露光方法、及び当初請求項２７に記載の特徴を含む投影露光装置を用いて達成される。従属当初請求項に対して有利な発展形態を指定する。全ての当初請求項の文言は、本明細書の内容に引用によって組み込まれている。

［当初請求項１］

パターンが、投影レンズの物体平面の領域に配置され、かつ該物体平面に対して光学的に共役である該投影レンズの像平面内に該投影レンズを用いて結像することができるように投影露光装置の照明系と該投影レンズの間にパターンを設ける段階であって、パターンの結像関連特性をパターンデータによって特徴付けることができる前記設ける段階と、

使用事例に特定のものであり、かつ照明設定データによって特徴付けることができる照明設定に従って前記照明系によって与えられる照明放射線でパターンの照明領域を照明する段階と、

を含むパターンの少なくとも１つの像で感放射線基板を露光するための投影露光方法であって、

前記使用事例に特定のものであり、かつパターンデータ及び／又は照明設定データを含む使用事例データを決定する段階と、

前記使用事例データを用いて結像仕様データを決定する段階と、

前記投影レンズの結像挙動を前記使用事例に適応させる目的で、前記結像仕様データに依存する方式で該投影レンズの制御ユニットを用いて該投影レンズの制御可能光学構成要素を制御する段階と、

前記使用事例に適応された前記投影レンズを用いて基板の上に前記パターンを結像する段階と、
を特徴とする投影露光方法。
［当初請求項２］
前記パターンデータ及び／又は前記照明設定データの少なくとも一部分が、前記投影レンズに関するデータ取得のために機能する１つ又は複数の測定によって決定され、
前記結像仕様データを決定するのに必要とされる前記使用事例データの好ましくは全てが、該投影レンズに対する１つの測定又は複数の測定によって決定される、
ことを特徴とする当初請求項１に記載の投影露光方法。
［当初請求項３］
前記パターンデータは、コア領域の構造に関する定量的情報を含む少なくともコア領域構造データを含み、
コア領域が、前記パターン内の互いに平行な線の群の最小線間隔及び／又は最小周期長を有する領域であり、該コア領域の該線は、該コア領域構造を形成する、
ことを特徴とする当初請求項１又は当初請求項２に記載の投影露光方法。
［当初請求項４］
前記パターンデータは、前記パターンのコア領域構造の線の向きを表すコア領域構造方位データを含むことを特徴とする当初請求項１、当初請求項２、又は当初請求項３に記載の投影露光方法。
［当初請求項５］
前記コア領域構造方位データは、ユーザによって前記照明系上に設定された二重極照明の極の向きに関する情報を含む照明設定データから導出されることを特徴とする当初請求項４に記載の投影露光方法。
［当初請求項６］
前記パターンデータは、前記コア領域方位データに加えて、以下の群：
前記パターン内のコア領域構造の線の位置を表すコア領域構造位置データ、
前記パターンの周辺構造の線の向きを表す周辺領域構造方位データ、
前記パターン内の周辺構造の線の位置を表す周辺領域構造位置データ、
から選択される１又は２以上のデータを含む、
ことを特徴とする当初請求項４又は当初請求項５に記載の投影露光方法。
［当初請求項７］
結像仕様データが、少なくとも２つの視野点の結像仕様データが少なくとも１つの結像仕様に関して異なるように前記使用事例データに関して決定されることを特徴とする当初請求項１から当初請求項６のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項８］
結像仕様S_kに関して、前記コア領域内の第１の視野点に対する結像仕様$S_k(FP_i)$と前記周辺領域内の第２の視野点に対する対応する結像仕様$S_k(FP_j)$との間の仕様比が、$\alpha \geqq 1.5$である場合に以下の条件：
$$max(S_k(FP_i)/S_k(FP_j),\ S_k(FP_j)/S_k(FP_i)) \geqq \alpha$$
が成り立つように値１から外れることを特徴とする当初請求項７に記載の投影露光方法。
［当初請求項９］
前記結像仕様S_kは、奇数次ゼルニケ係数又は奇数次ゼルニケ係数の線形結合によって説明することができることを特徴とする当初請求項８に記載の投影露光方法。
［当初請求項１０］
前記結像仕様データは、以下の群：
少なくとも１つの態様において異なる結像仕様データ、特に、波面仕様データを有する２つの視野点が存在し、及び／又は
好ましくはｎ次のゼルニケであるｎ次の波面展開関数に関する波面に対する前記波面仕様が、９０°／ｎの角度だけ回転した該波面から少なくとも１つの態様において異なる１つの視野点が存在する、

ようなコア領域構造方位データ、コア領域構造位置データ、周辺構造方位データ、周辺構造位置データ、
から選択される１又は２以上の構造データを含み、
この差は、前記選択された構造データに寄与可能である、
ことを特徴とする当初請求項７、当初請求項８、又は当初請求項９に記載の投影露光方法。
［当初請求項１１］
使用事例に関する使用事例データ及び／又は結像仕様データの少なくとも１つの部分集合が、外在的データ取得を用いて決定され、かつ前記投影レンズの前記制御ユニットに通信され、
前記外在的データ取得は、以下の群：
ユーザインタフェースを通じたユーザによる照会、
前記投影露光装置の制御ユニットに対してアクセス可能なメモリからの検索（ｒｅｔｒｉｅｖａｌ）、
前記投影露光装置の前記照明系上の設定に関する情報からの決定、
露光されるマスクに関する情報からの決定、
からの少なくとも１つの手段を含む、
ことを特徴とする当初請求項１から当初請求項１０のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項１２］
使用事例に関する使用事例データの少なくとも１つの部分集合が、前記投影レンズ上又は内の少なくとも１つの測定による内在的データ取得を用いて決定され、かつ該投影レンズの前記制御ユニットに通信されることを特徴とする当初請求項１から当初請求項１１のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項１３］
使用事例データを決定する段階は、前記投影レンズの前記物体平面から前記像平面の方向に通過する投影放射線の少なくとも１つの特性を表す投影放射線データを自動方式で決定する段階を含むことを特徴とする当初請求項１から当初請求項１２のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項１４］
投影放射線データの前記決定は、１つ又は複数の視野点での前記投影放射線の波面の測定を含むことを特徴とする当初請求項１３に記載の投影露光方法。
［当初請求項１５］
投影放射線データの前記決定は、投影ビーム経路において前記物体平面と前記像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面での前記投影放射線の放射線強度の２次元分布を表す強度分布データの決定を含むことを特徴とする当初請求項１３又は当初請求項１４に記載の投影露光方法。
［当初請求項１６］
前記投影レンズの前記ビーム経路に配置された光学要素の少なくとも１つの光学面が、基準面として使用されることを特徴とする当初請求項１５に記載の投影露光方法。
［当初請求項１７］
前記光学要素は、ミラーであり、前記光学面は、ミラー面であることを特徴とする当初請求項１６に記載の投影露光方法。
［当初請求項１８］
強度分布データを決定するために、前記基準面での２次元温度分布が、空間分解方式で測定されることを特徴とする当初請求項１５、当初請求項１６、又は当初請求項１７に記載の投影露光方法。
［当初請求項１９］
前記２次元温度分布は、１つ又は複数の熱撮像カメラを用いて又は１つ又は複数の他の温度センサを用いて取得されることを特徴とする当初請求項１８に記載の投影露光方法。

［当初請求項２０］
第１の強度分布データが、前記投影レンズの瞳平面に又はそれに近接して位置する第１の基準面で決定され、照明設定データが、該第１の強度分布データを用いて決定されることを特徴とする当初請求項１５から当初請求項１９のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項２１］
第２の強度分布データが、前記投影レンズの視野平面に又はそれに近接して位置する第２の基準面で決定され、パターンデータが、該第２の強度分布データを用いて決定されることを特徴とする当初請求項１５から当初請求項２０のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項２２］
第１の基準面が、前記投影レンズの瞳平面に又はそれに近接して配置され、第２の基準面が、該投影レンズの視野平面に又はそれに近接して配置され、
第１の強度分布データが、前記第１の基準面で決定され、第２の強度分布データが、前記第２の基準面で決定され、
前記パターンデータ及び／又は照明設定データは、前記第１及び前記第２の強度分布データを用いて決定される、
ことを特徴とする当初請求項１５から当初請求項２１のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項２３］
使用事例分類データが、前記投影露光装置の制御ユニットに対してアクセス可能なメモリに格納され、該データは、照明設定と前記照明領域内のマスク構造との多数の組合せに関して、前記物体平面と前記像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面に対する対応する強度分布データを含み、
投影放射線データが、前記使用事例分類データを用いて決定される、
ことを特徴とする当初請求項１から当初請求項２２のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項２４］
パターン認識方法及び／又は特徴抽出方法が、前記投影放射線データからパターンデータ及び／又は照明設定データを決定する時に使用されることを特徴とする当初請求項１から当初請求項２３のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項２５］
使用事例比較データを生成する目的のために第１の投影露光の第１の使用事例データを直後に続く第２の投影露光の第２の使用事例データと比較する段階、
を特徴とする当初請求項１から当初請求項２４のいずれか１項に記載の投影露光方法。
［当初請求項２６］
前記使用事例比較データに依存する方式で前記使用事例の変化を示す使用事例変化信号を生成する段階、
を特徴とする当初請求項２５に記載の投影露光方法。
［当初請求項２７］
１次放射線源の１次放射線を受光するためのかつマスク（Ｍ）の上に向けられた照明放射線（ＩＬＲ）を生成するための照明系（ＩＬＬ）と、
投影レンズの像平面（ＩＳ）の領域にパターン（ＰＡＴ）の像を生成するための投影レンズ（ＰＯ）と、
パターンが前記投影レンズの物体平面（ＯＳ）の領域に配置されるように前記照明系と該投影レンズの間にマスクを保持するためのマスク保持ユニット（ＲＳＴ）と、
基板の感放射線面が、前記物体平面に対して光学的に共役である前記投影レンズの前記像平面（ＩＳ）の前記領域に配置されるように基板を保持するための基板保持ユニット（ＷＳＴ）と、
を含むマスク（Ｍ）のパターンの少なくとも１つの像で感放射線基板（Ｗ）を露光する

ための投影露光装置（ＷＳＣ）であって、
前記投影レンズの結像挙動を特定の使用事例に適応させるためのシステムであって、
前記使用事例に特定の使用事例データ（ＵＣＤ）を決定するためのユニットと、
前記使用事例データを用いて結像仕様データ（ＡＳＤ）を決定するためのユニットと、
前記投影レンズに割り当てられ、該投影レンズの制御可能光学構成要素が、該投影レンズ（ＰＯ）の前記結像挙動を前記使用事例に適応させるために前記結像仕様データに依存する方式で制御ユニットによって制御可能であるように構成された制御ユニット（ＣＵ）と、
を含む前記システム、
を特徴とする投影露光装置（ＷＳＣ）。
［当初請求項２８］
使用事例データを決定するための前記ユニットは、以下の群：
前記マスクから露光される前記基板まで前記投影レンズ内を通過する投影放射線の波面を測定するための波面測定システム（ＷＭＳ）、
前記マスクの前記パターンの構造を測定するように設計されたレチクル測定システム（ＲＭＳ）、
投影ビーム経路において前記物体平面と前記像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面での前記投影放射線の放射線強度の２次元分布を表す強度分布データを決定するためのユニット、
から選択される１つ又は複数の測定及び取得ユニットに接続された内在的データ取得のためのユニット（ＩＤＡ）を含む内在的データ取得のためのシステムを有することを特徴とする当初請求項２７に記載の投影露光装置。
［当初請求項２９］
強度分布データを決定するための前記ユニットは、以下の群：
基準面として機能する光学要素の光学面での照明領域内の局所温度を空間分解方式で取得し、かつそこから該光学面での２次元温度分布を決定するように設計された温度測定システム（ＭＴＳ）、
基準面として機能する前記投影レンズの光学要素の前記光学面での２次元熱分布の空間分解式記録のための熱撮像カメラ（ＭＷＢＫ）、
からの少なくとも１つの要素を有することを特徴とする当初請求項２８に記載の投影露光装置。
［当初請求項３０］
基準面として機能する前記光学面を有する前記光学要素は、ミラーであることを特徴とする当初請求項２８又は当初請求項２９に記載の投影露光装置。
［当初請求項３１］
内在的データ取得のための前記システムは、
前記投影レンズの瞳平面に又はそれに近接して位置する第１の基準面での第１の強度分布データを決定するための第１のユニットと、
前記投影レンズの視野平面に又はそれに近接して位置する第２の基準面での第２の強度分布データを決定するための第２のユニットと、
を有する、
ことを特徴とする当初請求項２８から当初請求項３０のいずれか１項に記載の投影露光装置。
［当初請求項３２］
部分口径比ＳＡＲが、前記第１の基準面では０．７から１の範囲にあり、前記第２の基準面では０から０．３の範囲にあることを特徴とする当初請求項３１に記載の投影露光装置。
［当初請求項３３］
使用事例データを決定するための前記ユニットは、以下の群：
ユーザによるデータの入力のためのコンピュータ端末（ＣＴ）を有するユーザインタフ

ェース、
前記制御ユニットに対してアクセス可能であり、かつ前記照明系に関する、前記投影レンズに関する、及び／又はレチクルに関する情報の形態にある前記使用事例データの少なくとも一部分が格納されたメモリ（Ｄ）、
投影露光装置の前記照明系（ＩＬＬ）上の設定に関する情報をそれを通じて取り出すことができるデータ線（ｄａｔａ　ｌｉｎｅ）、
前記レチクルに関する情報を読み込むためのレチクルデータ取得ユニット（ＲＢＣＳ）、
から選択される１つ又は複数のユニットに接続された外在的データ取得のためのユニット（ＥＤＡ）を含む外在的データ取得のためのシステムを有することを特徴とする当初請求項２７から当初請求項３２のいずれか１項に記載の投影露光装置。
［当初請求項３４］
前記投影レンズの１つの制御可能光学構成要素が、瞳面に又はそれに近接して配置されたミラー（Ｍ２）であり、それに対して該ミラーのミラー面を１次元又は２次元で変形させることを可能とする多数の個々に駆動可能なアクチュエータを有する変形マニピュレータ（ＭＡＮ２）が割り当てられることを特徴とする当初請求項２７から当初請求項３２のいずれか１項に記載の投影露光装置。
［当初請求項３５］
当初請求項１から当初請求項２６のいずれか１項に記載の投影露光方法を実施するように構成されることを特徴とする当初請求項２７から当初請求項３４のいずれか１項に記載の投影露光装置。
【００１３】
投影露光方法では、投影レンズ又はその結像挙動をパターンの特定の特性及び照明状況の特殊な特徴に適応させる現在の使用事例に特定のシステム設定が実施される。この目的のために、最初に、ユーザによって予想される使用事例（「ユーザ事例」）に特定である使用事例データが決定される。これらの使用事例データは、パターンデータ及び／又は照明設定データを含む。好ましくは、パターンデータと照明設定データの両方が決定される。従って、この方法段階は、現時点でユーザによって予想される使用事例に関する関連情報を取得し、この情報は、投影レンズの最初の製造中にともかく特定の組合せでは知ることができなかったと考えられるものである。
【００１４】
使用事例関連データ取得によって決定された使用事例データは、結像仕様データを決定するのに使用される。この場合に、「結像仕様データ」という用語は、使用事例に特定である投影レンズの結像挙動をパラメータ化するのに適し、すなわち、適切なパラメータを用いてこの挙動を説明するのに適するデータを表している。結像仕様データは、例えば、結像に関する特定の収差を表すゼルニケ係数に対する仕様制限値を含むことができる。一例として、非点収差が特定の制限を超えないことが意図される場合に、これは、対応するゼルニケ係数Ｚ５／Ｚ６に対する仕様によって表すことができる。
【００１５】
結像仕様データは、使用事例データを用いて決定されるので、考察中の使用事例に対して特定的に最適化することができる。決定された結像仕様データは、次いで、投影レンズの制御ユニットを用いて投影レンズの制御可能光学構成要素を投影レンズの結像挙動が使用事例に適応されるように制御するために使用することができる。こうして特定の使用事例への投影レンズの結像挙動の適応化が行われる。その後に、使用事例に適応された投影レンズを用いて、パターンを基板上に良好な結像品質を用いて結像することができる。
【００１６】
この手順は、取りわけ以下の考察に基づいている。投影レンズの要件が高まる時に、結像に基づく評価がより一層重要になることが認識されている。結像に基づく評価は、コア領域構造及び／又は周辺領域構造を十分な品質と共に結像することができるか否か、すなわち、マイクロチップの個々の層を生成するのに安定した処理窓が存在するか否かを評価

する段階を含む。この場合の品質基準は、例えば、線幅、線の位置、及び／又はコントラストの変動を含む。

【００１７】

結果として結像性能も要件を満たすものになることを信じて投影レンズを全ての重要な収差に関して最適化する従来の実際的な手順は、一部の場合は好適でもなく、十分でもないことが推定される。この推定は、取りわけ、使用事例に基づいて、投影レンズの個々の収差が全体的な結像性能に異なる寄与を行う可能性があることに起因する。一方で益々厳しい仕様、特に挑戦的な照明設定に起因し、他方で必要とされる高いスループット率に起因して、全ての使用事例に対して要件を満たす結像挙動がもたらされるような程度まで全ての収差を最適化するという従来手法は、今後の全ての事例においてもはや十分ではなくなることが推定される。一例として、今後、二重露光方法の状況でいわゆる「オーバーレイ」に対して予想することができる極めて厳しい仕様では、特定の使用事例に適応されていない投影レンズは、時にこれらの厳しい仕様をもはや満たすことができなくなることが危惧される。「オーバーレイ」の定義に関しては、ＵＳ　８，２０３，６９６　Ｂ２、２１段、３６行から２２段、２５行までを参照されたい。

【００１８】

本請求の発明による手順は、特定の使用事例に対する投影レンズの結像挙動の最適化が、必ずしも多数の他の使用事例に対して十分に良好な結像性能をもたらすとは限らないシステム状態を場合によって達成する可能性もあることを受け入れる。しかし、本請求の発明によって達成されることは、投影レンズの結像性能が、現時点で存在する使用事例又は予想される使用事例に対して可能な限り良好に適応されることである。作動中にユーザ特定の要件に対する投影レンズの状態の最適化を可能にするために、照明設定及び／又は結像されるパターンに関する必要情報を投影レンズの制御ユニットに対してアクセス可能にすることを可能にする手段が施される。

【００１９】

好ましくは、パターンデータ及び／又は照明設定データの少なくとも一部分を投影レンズに関するデータ取得のために機能する１つ又は複数の測定によって決定するものとする。その結果、本方法は、投影レンズの最適化に必要とされるデータをユーザが必ず提供することに依存しない。これは、適応化を自動化するために使用することができる。

【００２０】

一部の実施形態において、結像仕様データを決定するのに必要とされる使用事例データの全ては、投影レンズに対する１つ又は複数の測定によって決定される。この場合に、特定の使用事例に対する投影レンズの最適化においてユーザの協力は必要とされず、従って、投影レンズの結像挙動は、自動的に、時にユーザに気付かれないがユーザの利益又は利点をもたらす方式でも適応させることができる。

【００２１】

パターンデータが少なくともコア領域の構造データを含む場合であれば有利であると考えられる。コア領域構造データは、コア領域の構造に関する定量的情報を含み、コア領域は、パターン内の互いに平行な線の群の最小線間隔及び／又は最小周期長（ピッチ）を有する領域である。コア領域の線は、「コア領域構造」を形成する。

【００２２】

この場合に、コア領域構造は、結像することが最も困難なパターンの構造であることが推定される。これらの構造の結像のためには、投影放射線の波面が特に平滑でなければならず（特に小さい勾配という意味で）、又はコア領域構造を結像するのに必要とされる領域内で十分に補正されたものでなければならない。

【００２３】

好ましくは、パターンデータは、パターンのコア領域構造の線の向きを表す少なくともコア領域の構造方位データを含むべきである。コア領域構造方位データが既知である場合に、投影レンズの結像性能を線に対して垂直な方向の分解能は、この方向に特に平滑な波面に起因して十分に良好に設定されるように最適化することができる。それとは対照的に

、線の向きに対して垂直な方向の分解能又は波面品質に対する仕様は緩和することができ、それによって全体的に使用事例に対する投影レンズの設定が容易になる。

【００２４】

コア領域構造方位データは、例えば、照明系上でユーザによって設定された二重極照明の極の向きに関する情報を含む照明設定データから導出することができ、その理由は、２ビーム干渉を得るために、これらが、多くの場合にこれらの極の間の接続線がコア領域構造の線の向きと垂直に延びるように設定されるからである。

【００２５】

好ましくは、パターンデータは、コア領域方位データに加えて更に別のデータを含むべきである。特に、パターン内のコア領域構造の線の位置を表すコア領域構造位置データを有利であるとすることができる。コア領域構造位置データに基づいて、投影放射線の波面品質の必要とされる視野依存性に関する情報を導出することができる。一例として、コア領域構造がパターンの右縁部に位置し、それに対して大まかでしかない周辺構造が左縁部に存在する場合に、右縁部にあるコア領域構造の結像に対して重要な視野点に対する波面を十分に補正するだけで十分とすることができ、それに対して他の視野点に対する結像仕様を緩和することができる。

【００２６】

パターンの周辺構造にある線の向きを表す周辺領域構造方位データ及び／又はパターン内の周辺構造の線の位置を表す周辺領域構造位置データを決定することにより、投影レンズの結像挙動の更に別のパターン特定の最適化を実施することができる。

【００２７】

使用事例データを用いて結像仕様データを決定する好ましい変形は、取りわけ以下の考察に基づいている。

【００２８】

一般的に、結像仕様は、個々のゼルニケの最大寄与、及び／又は（重み付きの）線形ゼルニケ和又は平方ゼルニケ和の最大寄与の形態で指定される。重み付き平方ゼルニケ和の例は、ＲＭＳ又はＲＭＳ群（１次、２次、３次、又は４次の）である。重み付き線形ゼルニケ和の例は、特定の照明設定に基づくコア領域構造に対するオーバーレイ寄与である。

【００２９】

一般的に、各視野点FP_1，．．．，FP_Mに対して、複数の結像仕様、例えば、S_1（FP_1），．．．，S_N（FP_M）が存在する。

【００３０】

具体的な視野点とは無関係に均一な仕様が選択される場合に、$S_1(FP_1)=\ldots=S_1(FP_M)$，．．．，$S_N(FP_1)=\ldots=S_N(FP_M)$が成り立つ。この手法、すなわち、全ての視野点に対して均一な仕様は、従来技術では恒例である。

【００３１】

この恒例と決別して、結像仕様データは、好ましくは、使用事例データに対して少なくとも２つの視野点の結像仕様データが少なくとも１つの結像仕様に関して異なるように決定される。従って、結像仕様は、使用事例に対して特定的であるものとして具体的な視野点に依存して「個々に」決定される。このように結像仕様データは、異なる場所にある視野点に対して異なるとすることができる。

【００３２】

一例は、この手法の利益を示すことができる。非回転対称ゼルニケ、例えば、Z_{17}及びZ_{18}では、Z_{17}は、Z_{18}とは異なる波面範囲を照会する。相応にｘ二重極の場合に、Z_{17}はZ_{18}よりも狭い仕様を有することになり、それに対して回転ｘ二重極の場合に、Z_{18}（あるいは、一般的にはZ_{17}とZ_{18}の組合せ）が狭い仕様を有する。

【００３３】

結像仕様データを選択される構造データに基づくものとすることにより、結果として、与えられた使用事例に対して、変わらずに信頼性の高い結像を保証することができる可能な最大の仕様は何であるかという問いへの回答が得られる。

【００３４】
結像仕様データは、少なくとも１つの態様において異なる結像仕様データ、特に波面仕様データを有する２つの視野点が存在するように、及び／又はある波面に対する波面仕様が、ｎ次の波面展開関数に関してこの波面を９０°／ｎの角度だけ回転したものと少なくとも１つの態様において異なる１つの視野点が存在するように、コア領域構造方位データ、コア領域構造位置データ、周辺構造方位データ、周辺構造位置データの群から選択される１又は２以上の構造データを含み、この差は、選択される構造データに基づくとすることができる。
【００３５】
ｎ次の波面展開関数は、例えば、ｎ次のゼルニケとすることができる。
【００３６】
ゼルニケ係数Z_mの例に基づいて、上述のことを例えば以下の通りに理解することができるであろう。条件$S_k(FP_i) \neq S_k(FP_j)$が成り立つような異なる視野点FP_i及びFP_j、並びに結像仕様S_kが存在すると仮定する。第１の視野点FP_iは、例えば、コア領域内の視野点とすることができ、それに対して第２の視野点FP_jを周辺構造領域に位置するものとする。結像仕様S_kを奇数次ゼルニケとし、すなわち、例えば、Z_2又はZ_3又はZ_7又はZ_8（１次）又はZ_{10}又はZ_{11}（３次）又はZ_{26}又はZ_{27}（５次）又はZ_{50}又はZ_{51}（７次）のような１次又は３次又は５次又は７次のゼルニケとする。最小線間隔を有する結像される線が回転された場合に、例えば、Z_2とZ_3の、又はZ_2とZ_8の、又はZ_{10}とZ_{11}又はZ_{26}又はZ_{27}又はZ_{50}又はZ_{51}の適切な線形結合を指定することもできる。奇数次ゼルニケは、取りわけ、二重パターン化又は四重パターン化に対して重要なオーバーレイを左右するので、この場合は特に適切である。
【００３７】
結像仕様は、例えば、コア領域内の第１の視野点に対する結像仕様と周辺領域内の第２の視野点に対する結像仕様との間の仕様比が値１から大きく、例えば、少なくとも１０％、少なくとも３０％、又は少なくとも５０％だけ外れるように選択することができる。特に、$\alpha \geqq 1.5$である場合に、例えば、次式の条件が成り立つことができる。
$\max(S_k(FP_i)/S_k(FP_j),\ S_k(FP_j)/S_k(FP_i)) \geqq \alpha$
特に$\alpha \geqq 2$又は$\alpha \geqq 5$さえも成り立つことができる。
【００３８】
好ましい実施形態において、使用事例に関する使用事例データ及び／又は結像仕様データの少なくとも１つの部分集合は、外在的（ｅｘｔｒｉｎｓｉｃ）データ取得を用いて決定され、それを投影レンズの制御ユニットに通信することにより、使用事例に対する投影レンズの結像挙動の特に精密な適応化が可能である。個々に又は複数の手段の組合せに使用することができる外在的データ取得に対する様々な実現可能案が存在する。１つの実現可能案は、ユーザインタフェースを通じて望ましいデータをユーザが照会することである。この目的のために、投影レンズ又は投影露光装置の作動ユニット上に画面及びキーボードなどを有する対応するユーザインタフェースを設けることができる。これに代えて又はこれに加えて、投影レンズの制御ユニットに対してアクセス可能なメモリから関連データの少なくとも一部分を検索することができる。
【００３９】
格納されたデータは、例えば、照明系、投影レンズ、及び／又はレチクルに関する情報を含むことができる。一例として、データ線を通じて投影露光装置の照明系上の設定に関する情報を検索し、結像仕様データを決定する際にこれらの情報を使用することができる。レチクルに関する情報は、例えばスキャナ（及びバーコード）を用いてレチクルＩＤの形態で読み取ることができる。次に、レチクルＩＤに関連付けられた詳細情報は、投影レンズの制御ユニットに対してアクセス可能なデータベースから検索することができる。これに代えて、例えば、全ての関連情報を含み、かつ可読であるＲＦＩＤチップをレチクル上に設けることができる。
【００４０】

外在的データ取得に代えて又はそれに加えて、内在的（ｉｎｔｒｉｎｓｉｃ）データ取得は、投影レンズ上の又は投影レンズにおける測定によって行うことができる。この場合に、例えば、使用事例データを決定する段階は、投影レンズの物体平面から像平面の方向に通過する投影放射線の少なくとも１つの特性を表す投影放射線データを自動方式で決定する段階を含むことができる。この決定段階は、パターンデータ及び／又は照明設定データの少なくとも一部分を投影放射線データを用いて取得するという実現可能案を利用する。適切な場合に、使用事例に対する投影レンズの適応化に必要とされる全てのデータは、ユーザが追加情報を提供する必要がないように、投影レンズ上で測定可能な効果に基づくそのような自動データ取得によって実施することができる。

【００４１】

一部の実施形態において、投影放射線データの決定は、１つ又は複数の視野点での投影放射線の波面の測定を含む。波面測定は、投影レンズの結像品質に対して極めて重要な波面の特性をこの測定によって直接に決定することができるという利点を有する。波面測定に適するシステムは、多くの投影露光装置において他の目的で既に存在しており、従って、本発明の実施形態の関連において内在的データ取得に使用することができる。

【００４２】

特許明細書ＵＳ　７，３３３，２１６　Ａ１及びＵＳ　６，６５０，３９９　Ａ１は、本方法を実施する際に原理的に使用することができる波面測定システムの例を示している。波面測定システムの構造及び機能に関するこれらの文献の開示内容は、引用によって本明細書の内容に組み込まれている。

【００４３】

波面測定に代えて又はそれに加えて、投影放射線データの決定は、物体平面と像平面の間の投影ビーム経路に位置する少なくとも１つの基準面における投影放射線の放射線強度の２次元分布を表す強度分布データの決定を含むことができる。

【００４４】

投影レンズのビーム経路に位置決めされた光学要素の少なくとも１つの光学面を基準面として使用することができる。このように基準面は、投影レンズのビーム経路に位置決めされた光学要素、例えば、レンズ要素（屈折光学要素）又はミラー（反射光学要素）の例えば光学面とすることができる。光学要素がミラーであり、光学面がミラー面である場合に、誘起ミラー加熱が、ミラー面内に可逆変化を明確に誘起し、その結果、波面収差を誘起するので、それによって引き起こされる波面変更に関する結論を強度分布データから特に簡単な方式で引き出すことができる。基準面は、絞りの面、マスク（レチクル）上の面、又は露光される基板（例えば、ウェーハ）上の面によって形成することができる。適切な場合に、基準面は、液浸液の場所又は液浸液の中に置くことができる。

【００４５】

液浸液の領域における直接測定は、取りわけ、視野平面内の直の状況をこの測定によって決定することができ、それによってレチクルのコア構造及び／又は周辺構造の分布に関する非常に良好な結論が可能であることで有利とすることができる。休止期間に液浸液を交換することにより、熱伝導方程式を完全に解いて強度分布を推定することを相応に省略することができる。

【００４６】

投影放射線内の放射線強度分布の測定が可能である。一部の実施形態において、強度分布データを決定するために、基準面における２次元温度分布を空間分解方式で測定することにより、強度分布データの間接決定を提供する。

【００４７】

この場合に、基準面上に入射する投影放射線は、強度に比例し、かつ適切な感温測定システムによって検出することができる加熱を基準面上に向けると仮定される。２次元温度分布は、例えば、１つ又は複数の熱撮像カメラ（赤外線カメラ）又は１つ又は複数の他の温度センサを用いて取得することができる。適切な場合に、より精密な測定値を達成するために、測定値の外挿及び／又は内挿、及び／又は測定値と予想モデルとの照合を実施す

ることができる。これに代えて又はこれに加えて、基準面における２次元温度分布から強度分布データを決定する際に、投影放射線内の強度分布を決定するときの精度を改善するために熱伝導方程式を解くことによって熱伝導効果を考慮することができる。

【００４８】

一実施形態において、投影レンズの瞳平面又はその近くに位置する第１の基準面において第１の強度分布データが決定され、この第１の強度分布データを用いて照明設定データが決定される。この方法変形は、投影レンズの瞳平面の近く又は瞳平面内の強度分布が、この瞳平面に対して光学的に共役な照明系の瞳平面内の強度分布によって実質的に決定されることを利用し、従って、投影レンズの瞳平面内の強度分布を十分な精度で決定することにより、照明設定（例えば、二重極照明、四重極照明、又は従来照明など）に関する結論を引き出すことができる。ここで、投影レンズの入射瞳の領域内の強度分布に対する照明パターンの影響を第一近似として無視することができる。しかし、適切な場合に、この影響は、決定に考慮することができる。適切な場合に、パターンデータを導出することができる。

【００４９】

好ましくは、投影レンズの視野平面又はその近くに位置する第２の基準面において第２の強度分布データが決定され、第２の強度分布データを用いてパターンデータが決定される。この手段は、取りわけ、パターン及びその中に分散された構造の像が投影レンズの視野平面に形成され、視野平面の近くにもそのような像がデフォーカスした形態で少なくとも近似的に存在することができるという考察に基づいている。その結果、第２の強度分布データに基づいて、例えば、コア領域構造及び周辺構造の横方向分布に関する情報を取得することができる。

【００５０】

例として、ビーム経路内の光学要素又は光学面の位置を定量化するために、部分口径比（ｓｕｂａｐｅｒｔｕｒｅ　ｒａｔｉｏ）ＳＡＲを使用することができる。

【００５１】

一例示的定義により、投影ビーム経路内の光学要素の光学面の部分口径比ＳＡＲは、部分開口直径ＤＳＡと光学的自由直径ＤＣＡの間の比率としてＳＡＲ：＝ＤＳＡ／ＤＣＡに従って定められる。部分開口直径ＤＳＡは、与えられた視野点から発するビームの光線によって照明される光学要素の部分区域の最大直径によって与えられる。光学的自由直径ＤＣＡは、物体視野から到着する全ての光線によって照明される光学要素の面積領域を含む光学要素の基準軸の周りの最小円の直径である。

【００５２】

上記に即して、視野平面（例えば、物体平面又は像平面）内ではＳＡＲ＝０が成り立つ。瞳平面内ではＳＡＲ＝１が成り立つ。従って、「近視野」面は、０に近い部分口径比を有し、それに対して「近瞳」面は、１に近い部分口径比を有する。

【００５３】

好ましくは、近瞳に配置された基準面の場合に、部分口径比は、０．５と１の間、特に０．７と１の間の範囲にある。近視野に配置された基準面の場合に、部分口径比は、好ましくは、０と０．５の間、特に０と０．３の間の範囲にある。

【００５４】

第１の基準面において第１の強度分布データが決定され、同じく第２の基準面において第２の強度分布データが決定され、次いで、使用事例データが、これら両方のタイプの強度分布データを用いて決定される場合に、一般的に結像関連使用事例データに関する特に精密な情報が取得可能である。

【００５５】

好ましい変形では、照明設定と照明領域内のマスク構造との複数の組合せに関して、物体平面と像平面の間に位置する少なくとも１つの基準面に関する対応する強度分布データを含む使用事例分類データを投影露光装置の制御ユニットに対してアクセス可能なメモリに格納し、この使用事例分類データを用いて投影放射線データを決定することにより、強

度分布データの高速で十分に精密な評価がもたらされる。

【００５６】

投影放射線データからパターンデータ及び／又は照明設定データを決定する際に、例えば、パターン認識方法及び／又は特徴抽出方法を使用することができる。これらの方法は、特定の使用事例に関する基本情報を迅速かつ確実に決定するために、測定強度分布データを使用事例分類データと比較する際に有利に使用することができる。

【００５７】

光学面における２次元温度分布から強度分布データを決定するときに、時間不変熱伝導方程式を解くことによって熱伝導効果を相応に考慮することができる。

【００５８】

特定の使用事例の要件に対する投影レンズの適応化の結果として、投影レンズは当該使用事例に対して最適に設定されるが、異なるパターン及び／又は異なる照明設定の場合は十分な結像性能をもはや持たなくなるという状況が発生する可能性がある。一部の実施形態において、この理由から、取りわけ、第１の投影露光の第１の使用事例データを直後に続く又は間をあけて続く第２の投影露光の第２の使用事例データと比較するものとし、この比較は、使用事例比較データの生成をもたらす。使用事例比較データに基づいて、投影レンズがそれぞれの使用事例に対して正しく設定されているか否かをモニタすることができる。

【００５９】

特に、使用事例比較データに依存する方式に使用事例の変化を示す使用事例変化信号を生成することができる。この変化は、例えば、同じマスク構造に対して異なる照明設定が使用される場合に、異なるパターンが同じ照明設定を用いて照明される場合に、及び／又は照明設定とパターンの両方が１つの投影露光から次のものに変更される場合に存在する場合がある。コア領域構造に使用事例変化が示された場合に、新しい使用事例に対しても投影レンズの最適な適応化を保証するために、投影レンズに対して適時方式で再調節を行うことができる。

【００６０】

本発明は、更に、上述の投影露光方法を実施するように構成された投影露光装置に関する。投影露光装置は、使用事例に特定の使用事例データを決定するためのユニットと、使用事例データを用いて結像仕様データを決定するためのユニットと、投影レンズに割り当てられた制御ユニットであって、投影レンズの結像挙動を使用事例に適応させるために制御ユニットによって投影レンズの制御可能光学構成要素を結像仕様データに依存する方式で制御することができるように構成された上記制御ユニットとを含む投影レンズの結像挙動を特定の使用事例に適応させるためのシステムを含む。

【００６１】

有利な構成を具体的な例示的実施形態に基づいて下記でより詳しく説明する。

【００６２】

上述の特徴及び更に別の特徴は、特許請求の範囲からだけではなく、本明細書及び図面からも明らかであり、個々の特徴は、各場合に本発明の実施形態及び他の分野においてこれらの特徴単体で又は部分結合の形態にある複合体として実現することができ、有利で本質的に保護可能な実施形態を構成する。本発明の例示的実施形態を図面に例示し、下記でより詳細に説明する。

【図面の簡単な説明】

【００６３】

【図１Ａ】本発明の一実施形態によるＥＵＶマイクロリソグラフィ投影露光装置の構成要素を示す図である。

【図１Ｂ】別の実施形態による投影レンズの詳細を示す図である。

【図２】投影露光装置の作動中に可能な段階シーケンスを表す流れ図である。

【図３】投影露光装置の作動中に可能な段階シーケンスを表す流れ図である。

【図４Ａ－４Ｅ】図４Ａ～図４Ｅは、近視野光学要素及び近瞳光学要素上での温度分布測

定及び同じく照明設定に関する情報からコア領域構造及び周辺構造の位置及び向きに関する情報を決定するための例示的実施形態を示す図である。
【図５Ａ－５Ｉ】図５Ａ～図５Ｉは、近視野光学要素及び近瞳光学要素上での温度分布測定及び同じく照明設定に関する情報からコア領域構造及び周辺構造の位置及び向きに関する情報を決定するための例示的実施形態を示す図である。
【図６Ａ－６Ｉ】図６Ａ～図６Ｉは、近視野光学要素及び近瞳光学要素上での温度分布測定及び同じく照明設定に関する情報からコア領域構造及び周辺構造の位置及び向きに関する情報を決定するための例示的実施形態を示す図である。
【発明を実施するための形態】
【００６４】
図１は、投影レンズＰＯの像平面ＩＳの領域に配置された感放射線基板Ｗを投影レンズの物体平面ＯＳの領域に配置された反射マスクＭのパターンの少なくとも１つの像で露光するためのＥＵＶマイクロリソグラフィ投影露光装置ＷＳＣの構成要素を示している。図１Ｂは、別様に装備された変形における投影レンズの詳細を具体的な詳細図に示している。
【００６５】
投影露光装置は、１次放射線源ＲＳの放射線を用いて作動される。照明系ＩＬＬは、１次放射線源の放射線を受光し、パターン上に向けられる照明放射線を成形するために機能する。投影レンズＰＯは、パターンの構造を感光基板Ｗ上に結像するために機能する。
【００６６】
１次放射線源ＲＳは、取りわけ、レーザプラズマ光源、ガス放電光源、又はシンクロトロン利用放射線源とすることができる。そのような放射線源は、極紫外範囲（ＥＵＶ範囲）内の特に５ｎｍと１５ｎｍの間の波長を有する放射線ＲＡＤを生成する。照明系及び投影レンズは、この波長領域で作動させることができるように、ＥＵＶ放射線に対して反射性を有する構成要素を用いて構成される。
【００６７】
放射線源ＲＳから射出した放射線ＲＡＤは、コレクターＣを用いて集光され、照明系ＩＬＬ内に案内される。照明系は、混合ユニットＭＩＸと、テレスコープ光学ユニットＴＯと、視野形成ミラーＦＦＭとを含む。照明系は放射線を成形し、それによって投影レンズＰＯの物体平面ＯＳ内又はその近くに置かれた照明視野を照明する。次に、照明視野の形態及びサイズが、物体平面ＯＳ内のオン使用物体視野ＯＦの形態及びサイズを決定する。一般的に、照明視野は、幅と高さの間で高いアスペクト比を有するスロットの形状にある。
【００６８】
装置の作動中に、反射マスクＭが物体平面ＯＳに配置される。この図にある投影レンズＰＯは６つのミラーＭ１からＭ６を有し、マスクパターンを像平面に縮小スケールで結像し、露光される基板、例えば、半導体ウェーハがこの像平面に配置される。
【００６９】
混合ユニットＭＩＸは、実質的に２つのファセットミラーＦＡＣ１、ＦＡＣ２から構成される。第１のファセットミラーＦＡＣ１は、物体平面ＯＳに対して光学的に共役な照明系の平面に配置される。従って、このファセットミラーを視野ファセットミラーとも呼ぶ。第２のファセットミラーＦＡＣ２は、投影レンズの瞳平面に対して光学的に共役な照明系の瞳平面に配置される。従って、このファセットミラーを瞳ファセットミラーとも呼ぶ。
【００７０】
瞳ファセットミラーＦＡＣ２と、ビーム経路内で下流に配置され、テレスコープ光学ユニットＴＯ及びかすめ入射で作動される視野形成ミラーＦＦＭを含む結像光学アセンブリとを用いて、第１のファセットミラーＦＡＣ１の個々の鏡面反射ファセット（個別ミラー）が物体視野に結像される。
【００７１】

視野ファセットミラーＦＡＣ１における空間（局所）照明強度分布が、物体視野内の局所照明強度分布を決定する。瞳ファセットミラーＦＡＣ２における空間（局所）照明強度分布は、物体視野ＯＦ内の照明角度強度分布を決定する。

【００７２】

マスクＭ（レチクル）を保持して操作するためのユニットＲＳＴは、このマスク上に配置されたパターンＰＡＴが、本明細書ではレチクル平面とも呼ぶ投影レンズＰＯの物体平面ＯＳに位置するように配置される。マスクは、この平面内でスキャナ作動に向けて、投影レンズの基準軸ＡＸ（ｚ方向）に対して垂直な走査方向（ｙ方向）に走査ドライブＳＣＭを用いて移動可能である。

【００７３】

露光される基板Ｗをマスクと同期して基準軸ＡＸと垂直に走査方向（ｙ方向）に移動するために、この基板は、走査ドライブＳＣＷを含むユニットＷＳＴによって保持される。投影レンズＰＯの設計に基づいて、これらのマスク移動と基板移動は、互いに平行又は逆平行に達成することができる。

【００７４】

「ウェーハ台」とも呼ぶユニットＷＳＴと、「レチクル台」とも呼ぶユニットＲＳＴとは、この実施形態の場合は投影露光装置の中央制御ユニットＣＵ内に統合される走査制御ユニットを用いて制御されるスキャナユニットの一部である。

【００７５】

投影露光装置ＷＳＣの全ての光学構成要素は、排気可能なハウジングＨに含まれる。投影露光装置は真空下で作動される。

【００７６】

類似の基本構成を有するＥＵＶ投影露光装置は、例えば、ＷＯ　２００９／１００８５６　Ａ１又はＷＯ　２０１０／０４９０２０　Ａ１から公知であり、これらの文献の開示内容は、引用によって本明細書の内容に組み込まれている。

【００７７】

マスクＭは、構造化されて巨視的には実質的に平面である前面を有するマスク基板ＭＳを有する。この前面上には、例えば、モリブデンとシリコン、又はルテニウムとシリコンの交替層を含み、ＥＵＶ放射線に対して反射性を有する多層配置が置かれる。マスクのパターンＰＡＴは、例えば、タンタル系吸収体材料で構成することができる１つ又は複数の構造化吸収体層によって形成される。図示の組み込まれた作動状態では、照明系によって供給される照明放射線ＩＬＲがパターン上に斜方から、すなわち、前面の表面法線に対してゼロとは異なる角度で入射し、パターンによって変更され、次いで、投影放射線ＰＲとして投影レンズＰＯ内に斜方から放射されるように、前面は、照明系ＩＬＬ及び投影レンズＰＯに対面する。

【００７８】

投影露光装置には、投影レンズＰＯの結像挙動を特定の使用事例又はユーザ事例に適応させるためのシステムが装備され、このシステムは、特定の使用事例に最適化された結像特性が得られるように、投影レンズが、その結像特性を設計によって予め定められたある一定の制限範囲で特定の使用事例に自動的に適応することを可能にする。この目的のために、特定の使用事例に関する内部及び外部のデータ取得のために機能する使用事例に特定の使用事例データを決定するためのユニットが設けられる。次いで、これらの使用事例データを用いて、使用事例に好ましい投影レンズの結像挙動を決定する結像仕様データが、対応するユニットによって決定される。投影レンズの結像特性を変更し、これらの特性を使用事例に適応させるために、投影レンズには、それに割り当てられた制御ユニットＣＵを用いて結像仕様データに基づいて駆動することができる制御可能光学構成要素が装備される（図１Ｂ参照）。

【００７９】

特定の使用事例に関する情報は、原理的に内在的データ取得及び／又は外在的データ取得によって決定することができる。内在的データ取得は、投影露光装置の構成要素上で適

切な測定システムを用いて直接的又は間接的に決定することができるデータを実質的に使用する。外在的データ取得の場合に、一例として、ユーザは、ユーザインタフェースを通じてデータを照会することができる。使用事例に向けて与えられた照明系、投影レンズ、及び／又はレチクルに関する情報を含む対応するメモリから該当データの一部分を検索することができる。

【００８０】

これらのシステムのうちの一部を図１の投影露光装置の例に基づいて説明する。ここで重要な点として、使用事例への適応を実施するためには、場合によって言及するシステムのうちの１つだけ、又は２つから３つが投影露光装置上に存在しなければならないことを強調しておく。異なるシステムを単一例示的実施形態に基づいて説明するが、当業者には、個々のユニット又はユニット群を他のユニットに対する代替物として又はそれらに加えて設けることができることが明らかであろう。

【００８１】

内在的データ取得のためのシステムは、典型的に、１つ又は複数の測定及び取得ユニットを接続することができる内在的データ取得のためのユニットＩＤＡを有する。波面測定システムＷＭＳは、投影レンズ内でマスクから露光される基板に通過する投影放射線の波面の測定を実施するように設計される。好ましくは、複数の視野点に関する空間分解測定が施される。一例として、ＵＳ　７，３３３，２１６　Ａ１又はＵＳ　６，６５０，３９９　Ａ１に記載されているタイプの波面測定システムを設けることができ、これらの文献の開示内容は、この点に関して引用によって本明細書の内容に組み込まれている。

【００８２】

これに代えて又はこれに加えて、マスクパターンの構造を例えば光学的に測定し、例えば、コア領域構造、特にパターン内におけるこれらの構造の局所位置に関する情報、及びコア領域構造の線の向きに関する情報を取得するように設計されたレチクル測定システムＲＭＳを設けることができる。

【００８３】

温度測定システムＭＴＳは、２番目のミラーＭ２上の照明領域内の局所ミラー温度を空間分解方式で取得し、そこから反射面として機能するこのミラー面における２次元温度分布を決定するように設計される。温度測定システムは、例えば、ミラー基板内で多層反射層の近くに２次元分布配置された複数の温度センサを含むことができる。

【００８４】

これに代えて又はこれに加えて、ミラー面における熱分布の空間分解記録に向けて少なくとも１つの熱撮像カメラを設けることができる。図示の例の場合に、６番目のミラーＭ６の凹ミラー面における熱分布が、熱撮像カメラＭＷＢＫ６を用いて空間分解方式で得られ、４番目のミラーＭ４の凹ミラー面における温度分布が、熱撮像カメラＭＷＢＫ４を用いて空間分解方式で得られる。

【００８５】

測定に使用されるミラーが、投影レンズの瞳平面の近く又はその中に装着された（すなわち、「近瞳」）ミラーである場合に、そこから、選択された照明設定に関する関連情報を導出することができる。近視野に配置されたミラーの場合に、パターン内のコア領域構造の位置に関する情報を相応に導出することができる。

【００８６】

図１Ａ（及び図１Ｂ）の例の場合に、１番目のミラーＭ１及び４番目のミラーＭ４は、各場合に視野平面の光学近接、すなわち、「近視野」に配置され、部分口径比ＳＡＲは、Ｍ１の場合は約０．３であり、Ｍ４の場合は約０．１５である。それとは対照的に、２番目のミラーＭ２及び６番目のミラーＭ６は、各場合に瞳平面の光学近接、すなわち、「近瞳」に配置され、部分口径比ＳＡＲは、Ｍ２の場合は約０．８であり、Ｍ６の場合は約０．９である。

【００８７】

図１Ｂの例では、２つの近瞳ミラー（Ｍ２及びＭ６）は、温度分布に関してモニタされ

る。それぞれの測定結果の比較及び計算的対処によって測定誤差を低減することができる。一般的に、各タイプ（近視野及び近瞳）に対して、それぞれ１つだけの光学面を測定によって取得するだけで十分である。

【００８８】

それぞれ設定された照明設定に関する情報を取得するために、内在的データ取得のためのシステムは、特に物体視野（レチクルのとことにある）内の局所照明強度分布を決定するために、第１のファセットミラーＦＡＣ１（視野ファセットミラー）及び第２のファセットミラーＦＡＣ２（瞳ファセットミラー）のミラー位置も取得する。

【００８９】

外部データ取得のためのシステムは、外部データ取得のためのユニットＥＤＡを有し、ユニットＥＤＡには、１つ又は複数の構成要素を接続することができる。コンピュータ端末ＣＴは、ユーザによるデータ入力のために機能する。レチクルデータ取得デバイスＲＢＣＳは、レチクルに関する関連情報、特にレチクルに適用されたパターンに関する関連情報をレチクルデータベースからレチクルの取得された識別データを用いて得るために、例えば、レチクルバーコードスキャナ及び／又はＲＦＩＤ受信機を含むことができる。接続されたデータベースＤは、格納された使用事例データへのアクセスを可能にする。

【００９０】

内在的データ取得のためのユニットＩＤＡ及び外在的データ取得のためのユニットＥＤＡは、投影露光装置の制御ユニットＣＵ、及びそこに接続された中央データメモリＤＳに接続され、これらとデータを交換することができる。

【００９１】

投影レンズは、その結像特性を制御ユニットＣＵの制御信号に基づいて定義方式で変更することを可能にする複数のマニピュレータを有する操作システムを含む。次に、「マニピュレータ」という用語は、取りわけ、個々の光学要素又は光学要素群の光学効果を変更するために、対応する制御信号に基づいてこれらの光学要素に対して能動的に作用するように設計された光学機械ユニットを表している。一般的にマニピュレータは、測定によって得られる結像収差をターゲットを定めた方式で低減することができるように設定される。多くの場合に、マニピュレータは、例えば、マスク又は基板を変位させるために、傾斜させるために、及び／又は変形させるためにも設けられる。マニピュレータは、例えば、基準軸に沿って又はそれに対して垂直な光学要素の偏心に向けて、又は光学要素の傾斜に向けて設計することができる。次に、マニピュレータは、光学要素の剛体移動をもたらす。また、熱マニピュレータを用いて光学要素を加熱又は低温すること、及び／又は光学要素の変形を導入することを局所的又は広域的に行うことができる。この目的のために、マニピュレータは、制御システムの制御信号に基づいて現在の作動値を変更又は調節することができる１つ又は複数の作動要素又はアクチュエータを含む。

【００９２】

図１Ｂは、一例として、投影レンズＰＯのミラーＭ１からＭ６に割り当てられ、各場合に制御ユニットＣＵに接続されたマニピュレータＭＡＮ１からＭＡＮ６のシステムを示している。マニピュレータＭＡＮ１からＭＡＮ６の各々は、関連付けられたミラーの剛体移動、すなわち、特に、傾斜、基準軸ＡＸと平行な変位、及び／又は基準軸ＡＸに対して垂直な変位を可能にする。２番目のミラーＭ２に関連付けられた第２のマニピュレータＭＡＮ２（瞳に対して光学近接にあり、ＳＡＲが約０．８の）は、２番目のミラーのミラー面を１次元又は２次元で変形することを可能にする複数の個々の駆動可能アクチュエータを有する変形マニピュレータである。このマニピュレータは、例えば、熱マニピュレータ（不均一加熱を用いたミラー変形）又は機械マニピュレータ（機械作動を用いたミラー変形）を含むことができる。

【００９３】

図１Ｂの例示的実施形態において、１番目のミラーＭ１及び２番目のミラーＭ２における投影放射線の２次元強度分布から現在の使用事例に関する情報を決定することを可能にする内在的データ取得のためのシステムが設けられる。１番目のミラーＭ１のミラー面は

、光学的に物体平面ＯＳの比較的の近くに配置され、本明細書では「近視野ミラー」と呼ぶ。それとは対照的に、２番目のミラーＭ２のミラー面は、物体平面ＯＳに対するフーリエ変換面である最も近い瞳面内、又はその極めての近くに配置される。従って、２番目のミラーＭ２を「瞳ミラー」とも呼ぶ。

【００９４】

近瞳に配置された２番目のミラーＭ２の場合に、部分口径比ＳＡＲは、０．７と１の間の範囲にあり、すなわち、約０．８である。近視野に配置された１番目のミラーＭ１の場合に、部分口径比は、０と０．４の間の範囲にあり、すなわち、約０．３である。

【００９５】

１番目のミラーＭ１に対して、第１の熱撮像カメラＭＷＢＫ１は、その２次元像視野が１番目のミラーの全照明領域を取得し、それによって１番目のミラー上の２次元温度分布を記録することができるように配置される。相応に２番目のミラーＭ２のミラー面に対して、この瞳ミラーの全照明領域を取得するために、第２の熱撮像カメラＭＷＢＫ２が配置される。

【００９６】

下記では、上述のユニットを用いて得られた近視野ミラー及び近瞳ミラー上の２次元強度分布に基づいて、マスクＭのパターンＰＡＴ内のコア領域構造及び周辺構造の横方向分布に関する情報をどのように取得することができるかを説明する。

【００９７】

投影露光装置の可能な作動を図２及び図３の流れ図に関連付けて一般的に説明する。この場合に、図２は、開始ＳＴからレンズに関する準備の終了（ＰＲＥＰ）までの新しいレチクルの組み込みの前又は後の任意的段階を部分的に示している。図３は、作動中に投影レンズを最適化するための任意的な更に別の段階を部分的に示している。

【００９８】

任意的段階Ｓ１において、使用事例データが操作者によってコンピュータ端末ＣＴを通じて入力される。使用事例データは、格納された使用事例データへのアクセスによってデータベースＤから読み取ることができる。使用事例データがコンピュータ端末ＣＴを通じて入力される場合に、これらの使用事例データを中央データメモリＤＳに格納することができる。

【００９９】

任意的段階Ｓ２において、組み込まれるレチクル又は組み込まれたレチクルに関するレチクル識別子が、例えば、バーコードスキャナ又はＲＦＩＤ受信機を用いてレチクルから読み込まれ、対応するレチクル情報がデータベースＤから読み出される。一例として、コア領域構造の位置及び向きに関する情報をここで格納することができる。情報がこの経路で得られる場合に、これらの情報は、中央データメモリＤＳに格納される。

【０１００】

レチクル測定システムＲＭＳが存在し、使用される場合に、任意的段階Ｓ３において、例えば、コア領域構造及び周辺構造の位置及び向きに関する情報は、レチクル測定システムを用いたパターンの測定を通じて決定することができる。

【０１０１】

任意的段階Ｓ４及びＳ５において、照明系に対して現在設定されている照明設定に関する情報は、第１のファセットミラーＦＡＣ１及び第２のファセットミラーＦＡＣ２それぞれにおける対応するセンサによって取得することができる。対応する照明設定データは、データメモリＤＳに格納することができる。

【０１０２】

外部データ取得の段階Ｓ１からＳ５までの全てが任意的である。上述の目的で与えられる１つ又は複数のデバイスを投影露光装置上に設けて使用することができる。他の実施形態は、外部データ取得のための他のシステムを有するか又はそのようなシステムを持たない。

【０１０３】

この上流データ取得は、時点ＤＡＫ１　ＣＯＭＰにおいて終了する。この時点までに存在する情報に基づいて、制御ユニットＣＵは、段階Ｓ６において使用事例データＵＣＤを計算し、それを中央データメモリＤＳに格納する。これらのデータに基づいて、制御ユニットＣＵは、段階Ｓ７において暫定的な結像仕様データＡＳＤを計算し、それを中央データメモリＤＳに格納する。こうして投影露光装置は、時点ＰＲＥＰにおいてレンズ始動に向けて与えられる。

【０１０４】

レチクルが予め定められた位置に組み込まれ、照明系が始動されると、マスクパターンが照明され、パターンによって修正された放射線が、投影放射線として投影レンズを通過して基板Ｗに至る。この局面において、現在の使用事例に関する情報は、内部データ取得のユニットを用いて取得することができる（図３を参照されたい）。段階Ｓ８において、２番目のミラーＭ２における局所温度分布は、温度測定システムＭＴＳを用いて決定される。これに代えて又はこれに加えて、段階Ｓ９において、熱撮像カメラＭＷＢＫを用いて６番目のミラーＭ６の凹ミラー面上の局所熱分布を決定することができ、対応するデータを生成することができる。これに代えて又はこれに加えて、段階Ｓ１０において、投影レンズを通過する複数の視野点に関する投影放射線の波面を例えば投影レンズの射出瞳内で測定するために、波面測定システムＷＭＳを使用することができる。段階Ｓ８からＳ１０までの各々は任意的であり、略記号「Ａ／Ｏ」は「及び／又は」を表している。このようにして決定された使用事例に関する情報は、使用事例データＵＳＤの更新（ＵＰＤ）を計算するために、段階Ｓ１１において制御ユニットＣＵによって処理される。段階Ｓ１２において、これらのデータは、更に別の制御に向けた使用に向けて中央データメモリＳ１２に格納される。

【０１０５】

段階Ｓ１３において、制御ユニットＣＵは、以前の段階において外部データ取得及び内部データ取得によって特徴付けられた特定の性質を有する使用事例に対する制御データ及び仕様（結像仕様データ）を計算する。対応するデータが中央データメモリＤＳに格納された（段階Ｓ１４）後に、制御ユニットは、これらの使用事例データに基づいて、これらのデータに適応されたレンズモデルＬＭを決定する（段階Ｓ１５）。段階Ｓ１６において、これらのレンズモデルの制御パラメータが中央データメモリＤＳに格納される。次いで、段階Ｓ１７においてレンズモデルが制御ユニットＣＵによって作動され（ＣＵ　ＡＣＴ）、それによって段階Ｓ１８において、投影露光装置は、段階Ｓ１９におけるトリガ（ＴＲＩＧＧ）の後に使用事例データを用いて特定のレチクル及び特定の照明特性に適応されたレンズモデルに基づいて作動させることができる。

【０１０６】

投影露光装置の作動は、上述のようにして決定された結像仕様データを用いて続けられる。この場合に、「レンズモデル」という用語は、実質的に投影露光装置制御アルゴリズムを表している。レンズモデルは、測定（又は投影）に基づいてマニピュレータをどのように再調節しなければならいかを計算し、対応する制御命令をマニピュレータ制御ユニットに通信する。結像仕様データは、必要な結像仕様を達成するために「レンズモデル」が投影露光装置をどのように制御しなければならないかを決定する。

【０１０７】

ここで、図４から図６を参照して、一実施形態において、近視野光学要素及び近瞳光学要素上の温度分布測定及び照明設定に関する情報から投影レンズを現在の使用事例に正確に適応させることを可能にするコア領域構造の位置及び向き及び周辺構造の位置及び向きに関する結論を達成することができる手法の説明を提供する。

【０１０８】

この場合に取得される使用事例データは、実質的にパターンデータと照明設定データとで構成される。パターンデータは、結像されるレチクル又はそのパターンをどの視野点でどの結像品質を必要とするかという問題に関して説明する。密集した線を結像しなければならない場所に存在する結像品質は、より大きい間隔を有するそれ程密集していない線を

結像しなければならない場所に存在するものよりも高い必要がある。従って、パターンデータは、高い結像品質を必要とする領域に関する情報（コア領域構造データ）と、それ程高くない結像品質で十分な領域に関する情報（周辺構造データ）とを含むのが好適であると考えられる。コア領域構造データは、パターンのコア領域構造の線の向きを表すコア領域構造方位データと、パターン内のコア領域構造の線の位置を表すコア領域構造位置データとを含む。従って、周辺構造データは、パターン内部でコア領域構造に属さないパターン線の向きを表すいわゆる周辺構造方位データと、パターン内のそのような線の位置を表す周辺構造位置データとを含む。

【０１０９】

結像されるレチクルに関する詳細な直接情報が存在せず、又はこれらの情報を決定することができない場合に、一般的に、結像されるパターンの基本特性は、照明設定データを用いて推定することができる。照明設定データは、特に、設定される照明設定に関する情報、すなわち、照明瞳とも呼ぶ照明系の瞳平面内の照明強度分布に関する情報を含む。これらの情報は、例えば、ｘ二重極、ｙ二重極、四重極、又は自由形状瞳、すなわち、低対称性を持たず、例えば、非対称とすることができる照明強度分布を含む。図４から図６は、基本原理を説明するのに適する一部の例を示している。

【０１１０】

図４の場合に、照明系上には、照明瞳の中心に関して正反対である極Ｐ１、Ｐ２の間の接続線がｘ方向に延びることで特徴付けられるｘ二重極が設定されている。通常、ユーザは、ｙ方向と平行に、すなわち、極の接続線と垂直に延びる線を有するコア領域構造ＣＯ（図４Ｂ）を結像するように意図する場合にそのような照明強度分布を設定する。比較に向けて、図４Ｃは、ｘ方向と平行に延びる線を有する周辺構造ＰＥを示している。対応する照明強度分布を下にある図４Ｄ（コア領域構造）及び４Ｅに示している。投影レンズの瞳ＰＵＰ内の強度分布は、照明系の瞳内の強度分布（図４Ａ）によって決定され、パターンの構造における回折に関する情報を含む。ｘ方向に正反対である極（実線）がコア領域構造ＣＯに対して生じる。照明領域内では、ミラー面の局所加熱が確立され、この加熱は、割り当てられた熱撮像カメラを用いて検出することができる。破線は、加熱領域の横方向ぼけをもたらす時間依存熱分布の効果を示している。コア領域構造の線と垂直に向けられた周辺構造の線はｙ方向の回折をもたらし、対応する回折は、極のｙ方向の分割をもたらし、その結果、投影レンズの瞳内に好ましい加熱の４つの領域が生じる。この場合に、ハッチング領域は、周辺構造に関する回折次数の位置を表し、ハッチングのない極は、より小さい幅に関するこの位置の変化を表している。投影レンズの瞳（例えば、２番目のミラーＭ２の場所にある）内の照明強度分布に関する情報は、既にコア領域構造データ及び周辺構造データに関する結論付けを可能にしていることは明らかである。

【０１１１】

図５は、ｘ二重極照明設定（図５Ａ）の場合に近視野に配置された光学要素における関連の熱分布に関する異なるコア領域及び周辺構造、並びにこれらの組合せを示している。コア領域構造ＣＯは、各場合に、極Ｐ１、Ｐ２の間の接続線と垂直に延び、周辺構造は、コア領域構造ＣＯと垂直に延びている。温度分布の図（図５Ｄ、図５Ｅ、図５Ｈ、図５Ｉ）では、明るい境界域を有する領域Ｔ２は、隣接する灰色領域Ｔ１よりも高い温度にある。コア領域構造ＣＯと周辺構造ＰＥとが互いにｘ方向に隣接するパターンの場合（図５Ｆ、図５Ｇ）には、近視野光学要素における熱分布（図５Ｈ、５Ｉ）に基づくと、より密集したコア領域構造が置かれた側が顕在的であることは明らかである。その結果、対応する方位データに加えて、近視野で得られた温度分布を用いてコア領域構造位置データ及び周辺構造位置データを取得することができる。

【０１１２】

図６は、コア領域構造の線がｘ方向に延び、周辺構造の線がｙ方向に延びる場合に関する図５に対応する図を示している。そのような構造は、より密集したコア領域構造に対して２ビーム干渉を使用するために、ｙ二重極照明（図６Ａ）を用いて好ましく照明される。この場合にも、コア領域構造及び周辺構造の向きに関する情報だけでなく、マスクパタ

ーンにおけるこれらの構造の相対位置に関する情報も近視野光学要素における熱分布の取得を用いて取得することができることが図６Ｆから図６Ｉから明らかである。

【０１１３】

熱撮像カメラＭＷＢＫ１、ＭＷＢＫ２を用いて得られた強度分布は、画像処理手段を用いて対応するコア領域構造データと周辺構造データとに変換される。この目的のために、評価アルゴリズム内でパターン認識方法及び／又は特徴抽出方法を使用することができる。得られた強度分布は、評価ユニットのメモリ内に使用事例分類データの形態で格納された標準強度分布と比較することができる。

【０１１４】

次に、上述のようにして決定された使用事例データから、結像仕様データが次の段階で決定される。この決定は、コア領域構造を結像しなくてもよい視野点に適用可能な仕様は、コア領域構造を結像しなければならない視野点で適用可能なものよりも厳しくない仕様（例えば、より有意な許容ゼルニケの形態にある）とすることができることを考慮する。

【０１１５】

コア領域構造が結像される視野点でさえも、ゼルニケの全てが小さいものである必要はない。一例として、コア領域構造の結像される最も密集した線の方向に向けられたゼルニケ（又は$\cos 30° \times Z_7 + \sin 30° \times Z_8$のようなゼルニケの組合せ）が小さい場合であれば十分とすることができる。他のゼルニケ及びこれらのゼルニケの他の向き（例えば、$\cos 60° \times Z_7 + \sin 60° \times Z_8$等）は実際には大きくてもよい。

【０１１６】

ＥＵＶ投影露光装置及び方法に基づいて好ましい実施形態を記述した。しかし、使用可能性は、ＥＵＶ投影露光装置に限定されない。本発明は、深紫外範囲（ＤＵＶ）又は真空紫外範囲（ＶＵＶ）からの放射線、例えば、２６０ｎｍよりも短い波長、特に約１９３ｎｍにおける放射線を使用する投影露光装置及び投影露光方法の場合に使用することができる。次に、照明系及び投影レンズは、屈折光学要素、特にレンズ要素を相応に１つ又は複数のミラーとの組合せで含むことができる。文献ＷＯ　２００４／０１９１２８　Ａ２及びＷＯ　２００５／１１１６８９　Ａ２は、一例として、３つの結像レンズ部分と相応に２つの中間像とを有し、第２のレンズ部分内で凹ミラーが瞳平面の領域に配置された反射屈折投影レンズを含む投影露光装置を開示している。

【符号の説明】

【０１１７】

ＥＤＡ　外在的データ取得のためのユニット
ＩＬＬ　照明系
ＰＯ　投影レンズ
Ｗ　感放射線基板
ＷＳＣ　投影露光装置

【図１Ａ】

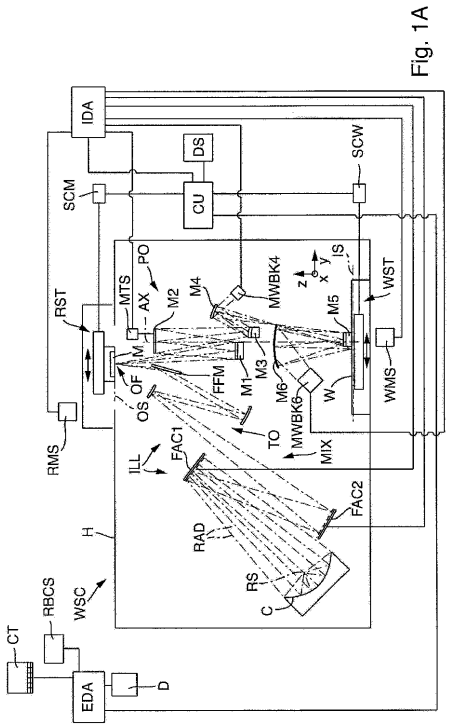


Fig. 1A

【図１Ｂ】

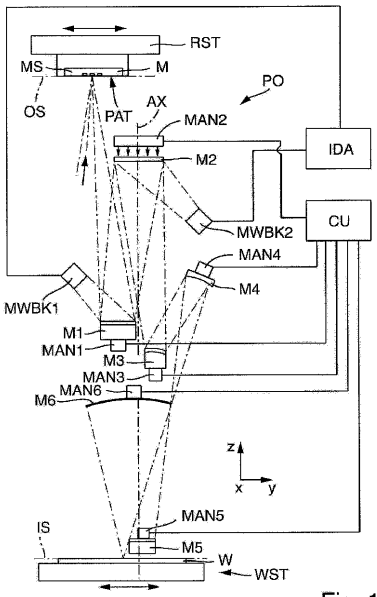


Fig. 1B

【図２】

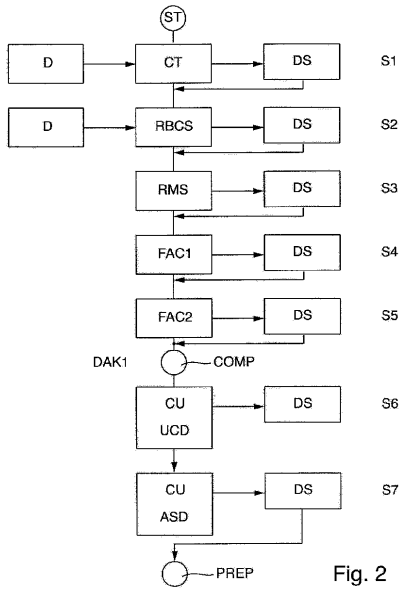


Fig. 2

【図３】

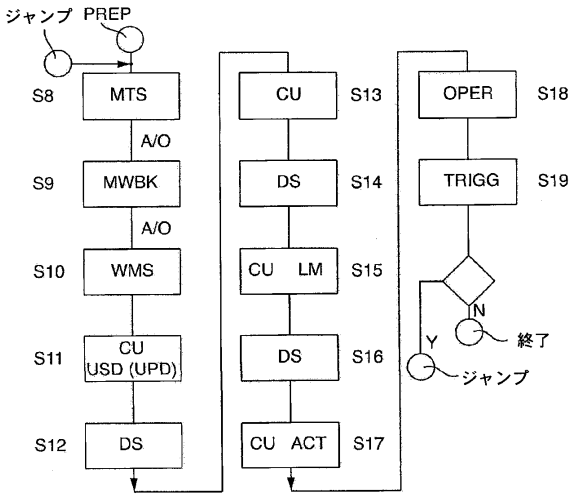


Fig. 3

【図４Ａ】

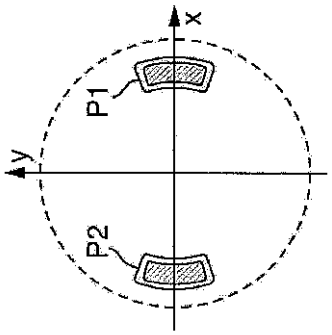


Fig. 4A

【図４Ｂ】

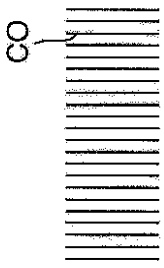


Fig. 4B

【図４Ｃ】

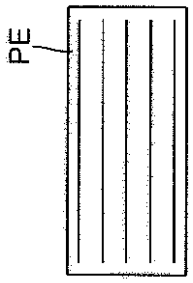


Fig. 4C

【図４Ｄ】

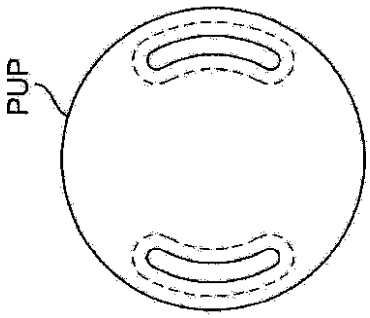


Fig. 4D

【図４Ｅ】

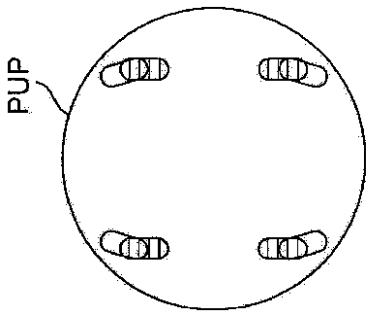


Fig. 4E

【図５Ａ】

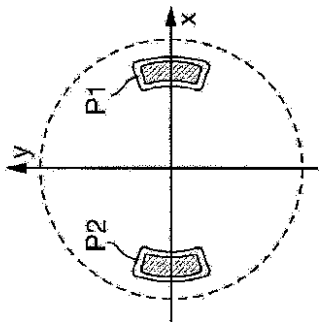


Fig. 5A

【図５Ｂ】

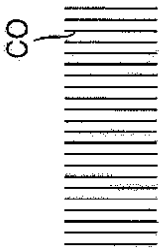


Fig. 5B

【図５Ｃ】

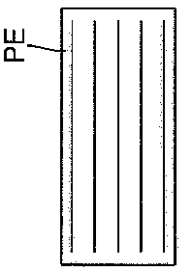


Fig. 5C

【図５Ｄ】

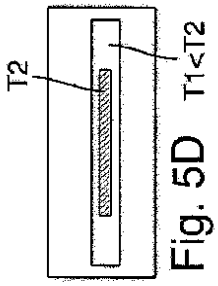


Fig. 5D

【図５Ｅ】

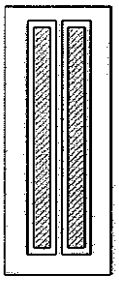


Fig. 5E

【図５Ｆ】

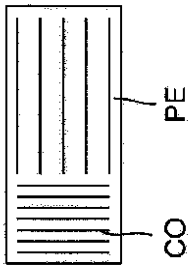


Fig. 5F

【図５Ｇ】

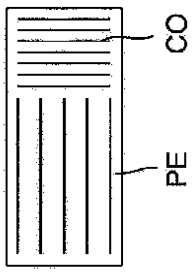


Fig. 5G

【図５Ｈ】

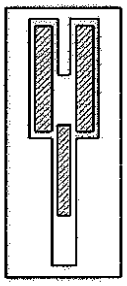


Fig. 5H

【図５Ｉ】

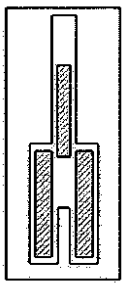


Fig. 5I

【図６Ａ】

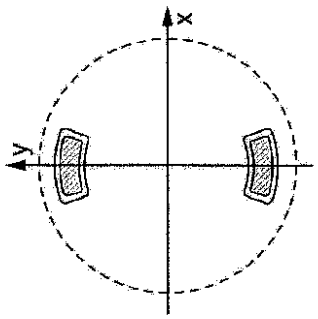


Fig. 6A

【図６Ｂ】



Fig. 6B

【図６Ｃ】



Fig. 6C

【図６Ｄ】

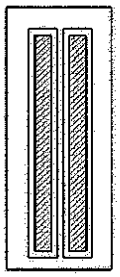


Fig. 6D

【図６Ｅ】

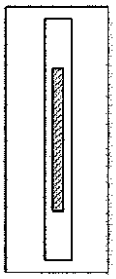


Fig. 6E

【図６Ｆ】

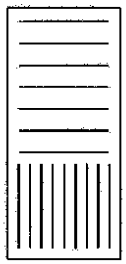


Fig. 6F

【図６Ｇ】



Fig. 6G

【図６Ｈ】

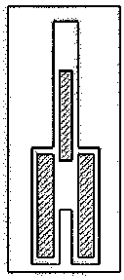


Fig. 6H

【図６Ｉ】

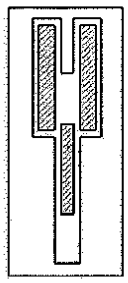


Fig. 6I

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 ビットナー ボリス
ドイツ連邦共和国 ９１１５４ ロート ラインゴルトシュトラーセ ６
(72)発明者 ワブラ ノルベルト
ドイツ連邦共和国 ９７４４０ ヴェルネック アム リング ２０
(72)発明者 ヴォン ホデンベルク マルティン
ドイツ連邦共和国 ７３４４７ オーバーコッヘン ゾンネンベルクシュトラーセ ４
(72)発明者 シュナイダー ソーニャ
ドイツ連邦共和国 ７３４４７ オーバーコッヘン カペレンヴェーク １０／１

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開２００８－００４９３７（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２００４／０９９８７４（WO，Ａ１）
特表２０１２－５０２４９０（ＪＰ，Ａ）
特開２００４－０３９９０５（ＪＰ，Ａ）
国際公開第２０１２／０９７８３３（WO，Ａ１）

(58)調査した分野(Int.Cl.，ＤＢ名)
Ｈ０１Ｌ ２１／０２７
Ｇ０３Ｆ ７／２０