

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-268781

(P2005-268781A)

(43) 公開日 平成17年9月29日(2005.9.29)

(51) Int.Cl.⁷H01L 21/027
G03F 7/20

F 1

H01L 21/30
G03F 7/20

テーマコード(参考)

2H097
5FO46

審査請求 未請求 請求項の数 29 O L 外国語出願 (全 38 頁)

(21) 出願番号 特願2005-59886 (P2005-59886)
 (22) 出願日 平成17年3月4日 (2005.3.4)
 (31) 優先権主張番号 102004013886.9
 (32) 優先日 平成16年3月16日 (2004.3.16)
 (33) 優先権主張国 ドイツ(DE)

(71) 出願人 503263355
 カール・ツァイス・エスエムティー・アーゲー
 ドイツ連邦共和国、ディー-73447
 オベルコッヘン、カールツァイスーシュトラーセ 22
 (74) 代理人 100074538
 弁理士 田辺 徹
 (72) 発明者 ラルフ シャールンヴェーバー
 ドイツ連邦共和国、73430 アーレン
 、ズイルヒャーストラッセ 13
 F ターム(参考) 2H097 AA12 BA10 LA10 LA20
 5FO46 AA11 BA03 CB20 CB23

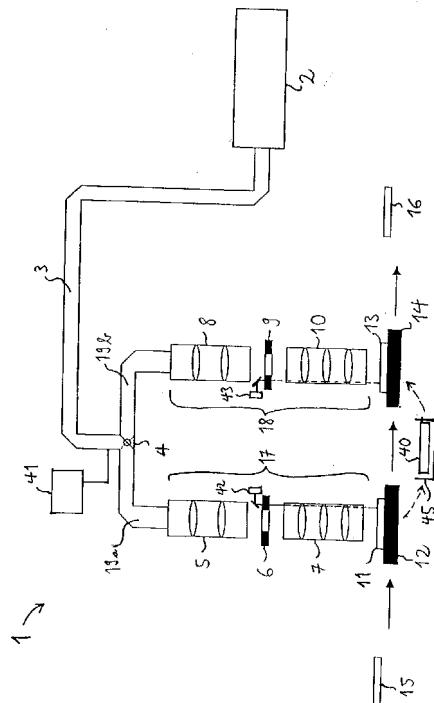
(54) 【発明の名称】多重露光方法、マイクロリソグラフィー投影露光装置および投影系

(57) 【要約】

【課題】 高いウェーハ処理量を可能にする多重露光方法と、生産性の向上を少なくとも変わらぬ品質および低費用化を可能にするマイクロリソグラフィー投影露光装置を提供する。

【解決手段】 感光層により被覆される少なくとも1個の基板の多重露光方法において、第1の露光は、第1組の露光パラメータにしたがって第1の投影系(17)において行なわれ、第2の露光は、第2組の露光パラメータを用いて、前記第1の投影系(17)から空間的に分離される第2の投影系(18)において行なわれる。これらの投影系は、共通の投影露光装置(1)に一体化される。前記第1の露光は、たとえば振幅マスク(6)を用いて、前記第2の露光は位相マスク(9)を用いて行なわれる。多数の投影系を使用することにより、並行して行なわれるとともに、したがって時間が節約される多重露光が可能になる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

感光層により被覆される少なくとも 1 個の基板の多重露光方法において：

第 1 組の第 1 の露光パラメータにしたがって前記基板の第 1 の露光を行なう段階と；

第 2 組の第 2 の露光パラメータにしたがって前記基板の少なくとも 1 回の第 2 の露光を行なう段階と；

第 1 の投影系の前記第 1 の露光と、前記第 1 の投影系から空間的に分離される第 2 の投影系の前記第 2 の露光とを利用する段階とを有する方法。

【請求項 2】

前記第 1 の露光は、第 1 のマスクを利用して行なわれ、前記第 2 の露光は、前記第 1 のマスクとは異なる第 2 のマスクを利用して行なわれる請求項 1 に記載の方法。 10

【請求項 3】

前記第 1 のマスクは、振幅マスクであり、前記第 2 のマスクは、位相マスクである請求項 2 に記載の方法。

【請求項 4】

前記第 1 組の露光パラメータは、前記第 2 の投影系の場合には設定されないか、または設定されえない少なくとも 1 個の露光パラメータを含み、かつ / または前記第 2 組の露光パラメータは、前記第 1 の投影系の場合には設定されないか、または設定されえない少なくとも 1 個の露光パラメータを含む前記請求項の 1 項に記載の方法。

【請求項 5】

1 組の露光パラメータは、下記のグループの少なくとも 1 個の露光パラメータを含む前記請求項の 1 項に記載の方法：

- 照明のコヒーレンス度
- 照明の環状性
- 照明の極性
- 前記マスクの少なくとも 1 つの構造方向に対する照明の配向
- 露光の時間プロファイル
- 露光の波長。

【請求項 6】

前記基板の位置は、前記第 2 の投影系における前記第 2 の露光の場合に、前記基板が、投影対象の構造寸法と比較して低い精度で、前記第 1 の投影系における前記第 1 の露光時の前記基板と同等の位置を有して設定されうるように設定される前記請求項の 1 項に記載の方法。 30

【請求項 7】

前記第 1 の投影系から前記第 2 の投影系への前記基板の移送は、前記第 1 の露光と前記第 2 の露光との間ににおいて行なわれる前記請求項の 1 項に記載の方法。

【請求項 8】

前記移送時において、前記基板は、前記第 1 の投影系からの取り出し後かつ前記第 2 の投影系内への導入前に中間的に保管される請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

投影系における露光のために、前記基板を露光位置の領域内に投入する段階と、計測を利用して前記基板を前記露光位置に配置する段階と、前記基板を露光する段階と、前記基板を前記露光位置から排出する段階とが、この順序で行なわれ、第 1 の基板を前記第 1 の投影系内において計測を利用して配置する段階と、第 2 の基板を前記第 2 の投影系内において露光する段階とが、少なくとも一時的に同時に行なわれる前記請求項の 1 項に記載の方法。 40

【請求項 10】

第 1 の極照明が、第 1 の露光のための露光パラメータとして設定され、前記第 1 の露光とは異なる配向を有する第 2 の極照明が、少なくとも 1 回の第 2 の露光のための露光パラメータとして設定される前記請求項の 1 項に記載の方法。

10

20

30

40

50

【請求項 1 1】

前記第1の露光および前記第2の露光は、同じ配設光源の光を用いて行なわれ、前記第1の露光および前記第2の露光は、好ましくは時間的に別々に行なわれる前記請求項の1項に記載の方法。

【請求項 1 2】

感光層により被覆される少なくとも1個の基板を多重露光するためのマイクロリソグラフィー投影露光装置(1)において、第1組の露光パラメータが設定されるか、または設定されうる第1の投影系(17)と、前記第1の投影系(17)から空間的に分離されるとともに、第2組の露光パラメータが設定されるか、または設定されうる少なくとも1個の第2の投影系(18)とからなるマイクロリソグラフィー投影露光装置。

10

【請求項 1 3】

前記第1の投影系(17)は、前記第2の投影系(18)の場合には完全に設定されえない第1組の露光パラメータを設定することが可能である第1の特化された投影系(17)であり、かつ／または前記第2の投影系(18)は、前記第1の投影系(17)の場合には完全には設定されえない第2組の露光パラメータを設定することができる第2の特化された投影系(18)である請求項12に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

【請求項 1 4】

下記のグループの少なくとも1個の露光パラメータが前記第1および／または前記第2の投影系(17、18)において設定されるか、または設定されうる請求項12または13に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置：

- 照明のコヒーレンス度
- 照明の環状性
- 照明の極性
- マスクの少なくとも1つの構造方向に対する照明の配向
- 露光の時間プロファイル
- 露光の波長。

20

【請求項 1 5】

前記第1の投影系(17)と前記第2の投影系(18)との各々は、計測を利用して前記基板を位置決めして、前記第2の投影系(18)における前記基板の、前記第1の投影系(17)における前記基板の同等位置(11)に対する位置(13)が投影対象の最小構造寸法と比較して低い精度で設定されうるようにする位置決め装置を有する請求項12～14の1項に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

30

【請求項 1 6】

少なくとも1個の輸送装置が設けられて、前記基板を前記第1の投影系(17)から前記第2の投影系(18)に移送する請求項12～15の1項に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

40

【請求項 1 7】

前記輸送装置は、前記基板を中間的に保管する中間保管装置を備える請求項16に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

【請求項 1 8】

同じ光源(2)が、前記第1の投影系(17)と前記第2の投影系(18)とに割り振られる請求項12～17の1項に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

【請求項 1 9】

前記光源(2)の下流において光路内に、配光装置として、光を任意で前記第1の投影系(17)または前記第2の投影系(18)へと偏向させる調節可能な光偏向器(4；4a；4b)が配置される請求項18に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

【請求項 2 0】

前記調節可能な光偏向器(4；4a；4b)は、少なくとも1個の回転可能かつ／または変位可能な鏡(21；21)を有する請求項19に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

50

【請求項 2 1】

少なくとも 1 個の配設光源 (2) の波長は、260 nm より短く、特に 248 nm、193 nm または 157 nm である請求項 12～20 の 1 項に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

【請求項 2 2】

特定の 1 組の露光パラメータのみが前記第 1 の投影系 (17) および / または前記第 2 の投影系 (18) において設定されうる請求項 12～21 の 1 項に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

【請求項 2 3】

前記第 1 の投影系 (17) および / または前記第 2 の投影系 (18) は、異なるコヒーレンス度を有する軸上照明のみが設定されうる照明系 (5、8) を有する請求項 22 に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。 10

【請求項 2 4】

前記第 1 の投影系 (17) および / または前記第 2 の投影系 (18) は、0.35 未満のコヒーレンス度を有する従来式コヒーレント照明のみが設定されうる照明系 (5、8) を有する請求項 22 または 23 に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

【請求項 2 5】

前記第 1 の投影系 (17) および / または前記第 2 の投影系 (18) は、軸外照明のみが設定されうる照明系 (5、8) を有する請求項 22～24 の 1 項に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。 20

【請求項 2 6】

前記第 1 の投影系 (17) および / または前記第 2 の投影系 (18) は、調節可能な光学素子を含まない照明系 (5、8) を有する請求項 22～25 の 1 項に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。

【請求項 2 7】

前記第 1 の投影系 (17) および / または前記第 2 の投影系 (18) は、交換可能な光学素子を含まない照明系 (5、8) を有する請求項 22～26 の 1 項に記載のマイクロリソグラフィー投影露光装置。 30

【請求項 2 8】

照明系 (5、8) と投影対物レンズ (7、10) とを有する投影系 (17、18) において、0.35 より低いコヒーレンス度を有する従来式コヒーレント照明のみが前記照明系 (5、8) において設定されうる投影系。

【請求項 2 9】

照明系 (5、8) と投影対物レンズ (7、10) とを有する投影系 (17、18) において、軸外照明のみが前記照明系 (5、8) において設定されうる投影系。

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、少なくとも感光層により被覆される 1 個の基板の多重露光方法と、少なくとも感光層により被覆される 1 個の基板の多重露光用マイクロリソグラフィー投影露光装置と、照明系および投影対物レンズを有する投影系とに関する。 40

【背景技術】**【0002】**

半導体構成品および他の微細パターン素子をマイクロリソグラフィーにより製作するための投影露光装置の効率は、実質的に、投影対物レンズの結像特性によって判断される。さらにまた、その装置を用いて達成されうる結像品質とウェーハ処理能力とは、実質的に、投影対物レンズの上流に配置される照明系の特性によって左右される。前記照明系は、一次光源、たとえばレーザの光を可能な限り高い効率で供給することと、生産過程において、該照明系の照明フィールドにおいて可能な限り均一な照度分布をもたらすこと 50

ができなければならない。

【0003】

ウェーハ上において生じしめられるパターンの種類と大きさとによって、適切な露光パラメータが照明系および／または投影対物レンズにおいて設定されうる。たとえば、異なるコヒーレンス度を有する従来式照明および環状フィールド照明または極照明を照明系において設定して、軸外斜光照明を創出することができる。開口数は、投影対物レンズにおいて設定されうる。

【0004】

所定の波長の一次光源であれば、適切な露光パラメータを選択することは、特に、構造寸法が小さいために、その他の露光パラメータを用いると良好な品質で結像させることができない構造を結像させるのに役立つ。しかしながら、このような微細構造を解像することができる露光パラメータの選択には、しばしば、長い露光時間が付随し、そのためにウェーハ処理量が低くなってしまう。より高いウェーハ処理量が達成される露光パラメータを選択すると、より大きい構造寸法を有する構造は解像されうるが、このような微細構造は、しばしば、適正に解像されえない。

【0005】

ウェーハ上において生じしめられる構造は、しばしば、微細構造と粗構造とに細分されるため、第1組の露光パラメータを用いて粗構造を結像させる一方で、第1組とは異なる第2組の露光パラメータを用いて微細構造を結像させる、ウェーハの二重露光を行なうことが好適でありうる。第1組の露光パラメータは、たとえば、粗構造を結像するために短い露光時間しか必要とされないように選択されうる。第2組の露光パラメータは、第1組の露光パラメータを用いて結像させることができないような微細な構造のみを結像させるように最適化されうる。当然ながら、2回を超える回数の露光による多重露光も可能である。

【0006】

周知の種類の二重露光においては、振幅マスクによる露光が、第1組の露光パラメータを用いて行なわれる。このようにすると、たとえば環状、双極子または四極子照明などの斜光照明を利用して、解像度を高めることができる。第2組の露光パラメータを用いた第2の露光は、位相マスクを利用して行なわれる。これにより、低いコヒーレンス度を有するコヒーレント照明が、一般に、照明系において設定される。このような方法は、たとえば、M. D. レヴェンソン、N. S. ヴィスワナサン、R. A. シムソン (M. D. Levenson, N. S. Viswanathan, R. A. Simson) の「フォトリソグラフィーにおける位相シフトマスクを用いた解像度の向上 (Improving Resolution in Photolithography with a Phase-Shifting Mask)」と題する論文、IEEE遷移電子素子 (IEEE Trans. Electr. Dev.)、ED-29(12)、pp. 1828~1836、1982年と、G. N. ヴァンデンバーグ、F. ドリッセン、P. J. ヴァンアドリケム、K. G. ロンズ、J. リー、L. カーラクリン (G. N. Vandenberghe, F. Driessens, P. J. van Adrichem, K. G. Ronse, J. Li, L. Karlaklin) の「二重露光の性能最適化 (Performance Optimization of the Double-Exposure)」と題する論文、写真・光学計測技術者協会報 (Proc. of the SPIE)、第4562巻、pp. 394~405、2002年において説明されている。前記文献に記載されている多重露光の方法において、第1組の露光パラメータが、最初に、投影系において設定されて、第1の露光が行なわれる。その後、第2組の露光パラメータが、投影系において設定されて、第2の露光が行なわれ、このことは、前記投影系を再構成することを必要とする。このように投影系を第1から第2組の露光パラメータに再構成することは、時間損失と、前記再構成において自身の位置および／または形状を変化しめられることが必要である部分の機械的摩耗とを引き起こす。

【非特許文献1】M. D. レヴェンソン、N. S. ヴィスワナサン、R. A. シムソン (M. D. Levenson, N. S. Viswanathan, R. A. Simson) の「フォトリソグラフィーにおける位相シフトマスクを用いた解像度の向上 (Improving Resolution in Photolithography with a Phase-Shifting Mask)」と題する論文、IEEE遷移電子素子 (IEEE Trans. E

10

20

30

40

50

lectr. Dev.)、ED-29(12)、pp. 1828~1836、1982年

【非特許文献2】G. N. ヴァンデンバーグ、F. ドリッセン、P. J. ヴァンアドリケム、K. G. ロンズ、J. リー、L. カーラクリン(G. N. Vandenberghe, F. Driessens, P. J. van Adrichem, K. G. Ronse, J. Li, L. Karlaklin)の「二重露光の性能最適化(Performance Optimization of the Double-Exposure)」と題する論文、写真・光学計測技術者協会報(Proc. of the SPIE)、第4562巻、pp. 394~405、2002年

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

本発明の目的は、高いウェーハ処理量を可能にする多重露光方法を提供することにある。さらにまた、本発明の目的は、このような方法を実施するために、従来装置と比べて生産性の向上を少なくとも変わらぬ品質と低費用化を可能にするマイクロリソグラフィー投影露光装置を提供することにある。加えて、このような方法に用いられる費用効果的な投影系を提供する。

【課題を解決するための手段】

【0008】

これらの目的は、請求項1の特徴を有する方法と、請求項12の特徴を有するマイクロリソグラフィー投影露光装置と、請求項28の特徴を有する投影系とによって達成される。

【0009】

有利な開発形態は、従属請求項に記載されている。全ての請求項の語句表現は、参照により本明細書に含まれる。

【発明を実施するための形態】

【0010】

冒頭に記載された種類の本発明の方法は、以下の段階からなる：第1組の第1の露光パラメータにしたがって基板の第1の露光を行なう段階。第2組の第2の露光パラメータにしたがって基板の少なくとも1回の第2の露光を行なう段階であって、前記第1の露光には第1の投影系を、第2の露光には前記第1の投影系から空間的に分離される第2の投影系を利用する段階。それぞれの露光のための前記組をなす露光パラメータは、第1および第2の空間的に分離される投影系において最適化された態様で設定されうる。その結果として、多重露光時において投影系を調節する必要はなく、したがって、一方において時間が節約されうるとともに、他方においては、露光パラメータの切換えによって投影系の可動部分におけるいかなる摩耗も起こりえない。連続する第1および第2の露光は、処理要件に適合せしめられうる。第1および第2の投影系は、有利な点として、共通のマイクロリソグラフィー投影露光装置内に配置されて、前記方法を簡単な態様で実施することができる。

【0011】

前記方法のひとつの開発形態において、第1の露光は、第1のマスクを利用して行なわれ、第2の露光は、前記第1のマスクとは異なる第2のマスクを利用して行なわれる。2つの露光に異なるマスクが用いられる場合には、たとえば、第1のマスクを利用して第1の構造方向を有する構造を基板上に結像させるとともに、第2のマスクを利用して前記第1の構造方向とは異なる第2の構造方向を有する構造を同様に結像させることが可能になる。

【0012】

前記方法のひとつの開発形態において、第1のマスクは、振幅マスクであり、第2のマスクは、位相マスクである。粗構造は、透過マスクまたは反射マスクとして設計されうる振幅マスクを用いて結像せしめられうる。微細構造は、同様に透過または反射により作用せしめられうる位相マスクを用いて基板上に転写されうる。

【0013】

10

20

30

40

50

前記方法のひとつの実施例において、第1組の露光パラメータは、第2の投影系の場合に設定されないか、または設定されえない少なくとも1個の露光パラメータを含み、かつ／または第2組の露光パラメータは、第1の投影系の場合に設定されないか、または設定されえない少なくとも1個の露光パラメータを含む。2個の投影系において異なる露光パラメータを設定することにより、前記投影系は、異なる種類の露光用に最適化されうる。露光に用いられる各々の個別の投影系の複雑さは、これによって減じられうる。このように投影系の複雑さが減じられることは、費用の削減に貢献しうる。

【0014】

前記方法のひとつの開発形態において、1組の露光パラメータは、以下のグループの少なくとも1つの露光パラメータを含む：照明のコヒーレンス度、照明の環状性、照明の極性、マスクの少なくとも1つの構造方向に対する照明の配向、露光の時間プロファイルおよび露光の波長。

【0015】

照明のコヒーレンス度は、下流の投影対物レンズの入射側開口数に対する照明系の出射側開口数の比として示される。この場合、小さい値は、概してまたは完全に干渉性の照明に対応する一方で、コヒーレンスは、が大きくなるほど低くなる。環状性は、瞳面における照明光の半径方向の強度分布として理解される。ここで、異なる照明形態間における区別は、わずかな強度の光が光軸に近接して位置する（軸上照明）か、または大部分が光軸からより遠くに外れて位置する（軸外照明）かによって行なわれる。照明の極性は、軸外照明の放射対称性として理解される。これは、たとえば双極対称または四極対称であります。このような多極照明は、マスクの少なくとも1つの構造方向に対して特定の配向を有しうる。この配向は、結像品質の向上が達成されるように選択されうる。

【0016】

露光の時間プロファイルは、露光時間としてだけではなしに、露光時間中における照射強度の時間的変動としても理解される。照明光の波長は、各露光間および／または投影系間において異なり得、以って結像せしめられる構造への適合化を達成することが可能になる。

【0017】

前記方法のひとつの開発形態において、基板の位置は、第2の投影系における第2の露光の場合には、投影対象の最小構造寸法と比較して低い精度で第1の投影系における第1の露光時と同等の基板の位置を有して設定されうるように設定される。このことは、第1の露光と第2の露光とにおいて結像せしめられる構造間ににおける重ね合せを効果的に制御することを可能にする。このような制御は、前記方法を利用して基板上において生じしめられうる構造の品質に有利な効果を持つ。マイクロリソグラフィー投影露光装置を適用する場合に重ね合せ制御が実施されるべき精度は、数ナノメートルの範囲内である。この精度を達成するために、基板は、投影系において、計測により支援される位置決め装置によって配置されうる。

【0018】

前記方法のひとつの実施例において、第1の投影系から第2の投影系への基板の移送は、第1の露光と第2の露光との間ににおいて行なわれる。2個の投影系は、基板の移送により、移動せしめられる必要はない。適切な輸送装置が、マイクロリソグラフィー投影露光装置において基板の輸送のために設けられうる。これに代わる方法として、投影対物レンズが基板に対して移動せしめられる場合は、当然ながら、基板は、第1の露光と第2の露光とにおいて同じ位置に維持されることも可能である。

【0019】

前記方法のひとつの実施例において、移送時において、基板は、第1の投影系からの除去後かつ第2の投影系への導入前に中間的に保管される。中間保管装置が、この目的のために設けられうる。この中間保管は、第2の露光を第1の露光の直後に行なうことができない場合でも、第1の露光の実施を継続することを可能にする。これは、第2の露光が第1の露光より長い所要時間を必要とする場合、または第2の投影系に関して保守作業、清

10

20

30

40

50

掃作業等を行なうことが必要である場合に特に有利であることが立証されうる。

【0020】

前記方法のひとつの開発形態において、投影系における露光のために、基板を露光位置の領域内に投入する段階と、計測を利用して前記基板を露光位置に配置する段階と、前記基板を露光する段階と、前記基板を露光位置から取り出す段階とが、この順序で行なわれ、計測を利用して第1の基板を第1の投影系において配置する段階と、第2の基板を第2の投影系において露光する段階とが、少なくとも一時的に同時にに行なわれる。本発明にしたがった方法を用いて達成されうるウェーハ処理量は、このように並行して2個の基板を同時に処理することによって実質的に増加しうる。さらに、光源の負荷が実質的に増加しうる。

10

【0021】

前記方法のひとつの開発形態において、第1の極照明は、第1の露光のための露光パラメータとして設定され、前記第1の露光とは異なる配向を有する第2の極照明は、少なくとも1回の第2の露光のための露光パラメータとして設定される。特に、双極子照明を用いる場合は、これにより、異なる配向を有する構造を特に有利な態様で基板上に転写することが可能になる。

【0022】

前記方法のひとつの実施例において、第1の露光および第2の露光は、同じ指定光源の光を用いて行なわれる。共通の光源を有する2個以上の投影系を用いて前記方法を実施することにより、費用を削減することが可能になる。任意で光を第1の投影系または第2の投影系に偏向させる調節可能な光偏向器が、マイクロリソグラフィー投影露光装置において配光装置として設けられる。このような偏向器は、迅速に駆動され得、したがって投影系において光を所望の瞬間に得ることができる。この偏向器は、少なくとも1個の回転可能かつ／または変位可能な鏡または1個の適切な偏向プリズムを有しうる。偏向時における光損失は、このような鏡またはプリズムを用いることによって軽微に維持されうる。1個の光源を用いて一時的に分離された態様で行なわれる第1および第2の露光に代わるものとして、前記第1および第2の露光は、前記光源からの光が配光装置によって2つ以上の光線成分に分割される場合に一時的に部分的に重複しうる。これに代わる方法として、マイクロリソグラフィー投影露光装置に多数の光源を設けることが可能である。

20

【0023】

冒頭に記載の種類の本発明のマイクロリソグラフィー投影露光装置は、第1組の露光パラメータが設定されるか、または設定されうる第1の投影系からなるとともに、前記第1の投影系から空間的に分離され、かつ第2組の露光パラメータが設定されるか、または設定されうる少なくとも1個の第2の投影系を含む。

30

【0024】

前記マイクロリソグラフィー投影露光装置のひとつの開発形態において、少なくとも1つの指定光源の波長は、260nmより短く、特に248nm、193nmまたは157nmである。このような短い波長を用いることにより、特に微細な構造を結像させることができる。異なる波長の多数の光源をマイクロリソグラフィー投影露光装置において用いることができる。

40

【0025】

前記マイクロリソグラフィー投影露光装置のひとつの実施例において、前記投影露光装置は、特化された1組の露光パラメータのみが設定されうるか、または設定される第1および／または第2の投影系を有する。このような投影系は、露光工程の個別の要件に適合せしめられうる。したがって、投影系が全ての考えられる使用条件に対して最適化されえなくてもよい。この特化によって、多様な組をなす露光パラメータを実施するために投影系に移動可能および／または変位可能および／または交換可能な光学素子を設ける費用が削除される。運転費用は、特定の種類の露光用に最適化される専用の「無駄のない」投影系を用いることによって最適化されうる。従来装置の場合において可変性を高めるために用いられうる広範な特殊装置を排除することができる。本発明にしたがった装置を用いる

50

と、組立ラインの稼動の原理にしたがって、ワークシェアリング／作業の専門化が可能になる。

【0026】

このマイクロリソグラフィー投影露光装置のひとつの開発形態において、第1および／または第2の投影系は、異なるコヒーレンス度を有する軸上照明のみが設定されうる照明系を有する。このように照明系を特化することにより、軸外照明を生じしめる光学素子、たとえばアキシコンを排除することが可能になる。

【0027】

前記マイクロリソグラフィー投影露光装置のひとつの実施例において、第1および／または第2の投影系は、0.35より低いコヒーレンス度を有する従来式のコヒーレント照明のみが設定されうる照明系を有する。このような投影系は、位相マスクによる露光において有利に用いられ得、その理由は、こうした露光は、光軸に対して実質的に平行にマスクに入射するビームを用いて行なわれるべきであるためである。

【0028】

前記マイクロリソグラフィー投影露光装置のひとつの実施例において、第1および／または第2の投影系は、軸外照明のみが設定されうる照明系を有する。このような投影系を用いて、たとえば双極子照明のみを生じしめることができる。微細構造は、相対的に長い波長の照明光の場合でも、第1および第2の投影系の双極子照明が異なる配向を有する2個の投影系における二重露光により基板上において生じしめられうる。

【0029】

前記マイクロリソグラフィー投影露光装置のひとつの開発形態において、第1および／または第2の投影系は、調節可能な光学素子を含まない照明系を有する。このような照明系は、特定の露光工程に合わせて最適に調整されうる。調節可能な光学素子を排除することは、費用の削減をもたらしうる。この場合も、照明系の構成要素のいかなる機械的摩耗も起こり得ない。

【0030】

前記マイクロリソグラフィー投影露光装置のひとつの実施例において、第1および／または第2の投影系は、交換可能な光学素子を含まない照明系を有する。交換可能な光学素子を排除することは、このような交換はしばしば照明系内への汚染物質の侵入を伴うため、結像品質に好ましい作用を及ぼしうる。

【0031】

本発明は、さらにまた、冒頭に記載の種類の投影系において、0.35より低いコヒーレンス度を有する従来式のコヒーレント照明のみが設定されうる投影系と、軸外照明のみが設定されうる本発明にしたがった投影系とからなる。このような投影系は、マイクロリソグラフィー投影露光装置において、少なくとも1個の第2の投影系と互いに一体化されうるが、こうした装置において単独でも用いられうる。このような費用効果的な特化された投影系の有利な開発形態に関しては、本発明にしたがったマイクロリソグラフィー投影露光装置との関連において前記説明を参照されたい。

【0032】

前記およびその他の特徴は、特許請求の範囲から明らかになるだけではなく、詳細な説明と図面とからも明らかになり、個別の特徴は、それぞれ単独で、または複数の特徴を部分的に組み合わせた形態で本発明の実施例およびその他の分野において実施されうるとともに、本質的に保護されうる実施例を有利に構成しうる。

【実施例】

【0033】

図1に、半導体構成品およびその他の微細構造の半組立品の製作に用いられうるとともに、遠紫外領域の光を用いて数マイクロメートル未満の解像度を達成する作用を持つマイクロリソグラフィー投影露光装置1の一例が示されている。約248nmの動作波長を有するKrFエキシマレーザは、光源2としての役割を果たす。これに代わるものとして、約157nmのF₂レーザ、193nmの動作波長を有するArFエキシマレーザまたは

10

20

30

40

50

368または436nmの動作波長を有する水銀灯も紫外光源として用いられる。

【0034】

レーザ2は、光偏向器4までの光路3を定める装置に接続される。光路3は、前記光偏向器において、2つの部分路に分割される。第1の部分路19a内に、第1のマスク6を照明する第1の照明系5と前記第1のマスク6により支持される構造を露光対象の基板上に結像させる第1の投影対物レンズ7とを有する第1の投影系17が配置される。第2の部分路19b内には、第2のマスク9を照明する第2の照明系8と前記第2のマスク9により支持される構造を露光対象の基板上に結像させる第2の投影対物レンズ10とを有する第2の投影系18が配置される。

【0035】

これらの2個の各々の投影系17、18は、さらにまた、光学的に検出される計測データに基づいて、それぞれの投影系の下に取り付けられるウェーハステージ12、14の位置をそれぞれのマスク8、9に対して設定する計測支援位置決め装置を有する。この投影露光装置1は、さらにまた、該投影露光装置内において行なわれる処理全体を制御する制御コンピュータ41を有する。

【0036】

多数の標識位置がウェーハ用に投影露光装置1内において設けられる。ウェーハに関して露光、計測または保管等の処理が行なわれるときに、ウェーハは連続的にこれらの位置をとる。投入位置15は、ウェーハが投影露光装置1内に導入される前にウェーハを支持する役割を果たす。ウェーハは、第1または第2の投影系における露光時に、それぞれ露光位置11または13をとる。ウェーハは、これらの2つの露光位置間において、輸送装置を利用して移動せしめられるとともに、処理過程において、それが適切である場合には、中間保管装置45によって移送位置40において保持されうる。ウェーハは、投影露光装置1から取り出された後に、最終的に、排出位置16をとる。

【0037】

二重露光が、マイクロリソグラフィー投影露光装置1を利用して行なわれる一方で、フォトレジストにより被覆されるウェーハであって、感光層を有するとともに露光対象となる基板を構成するウェーハは、投入位置15から第1の露光位置1に近接する位置へと移送される。輸送装置(前記図には図示せず)が、この移送とその後の移送とのために、投影露光装置1内において設けられる。ウェーハを正確に露光位置に配置するために、ウェーハは、第1のウェーハ段12による計測支援位置決め装置によって、該ウェーハが第1の投影系17に対して数ナノメートルの精度で所望の位置をとるまで移動せしめられる。この位置決めは、アラインメント装置42に関する測定データに基づいて行なわれる。マスク6は、該マスクの配置がウェーハの配置と調和しうるように移動せしめられうる保持装置によって保持される。ウェーハは、レーザ2から到来するとともに光偏向器4において第1の部分路19aへと向けられる光を用いて露光される。

【0038】

調節可能な光偏向器4は、この場合は、図2の平面図に示されるところの実施例4aの態様に設計されうる。この偏向器は、ビーム偏向用の回転可能な鏡20を有する。ここで示される鏡20の第1の位置において、光路3を横切る照明光は、自身の方向を前記鏡により90°だけ偏向せしめられることによって、完全に第1の部分路19aへと向けなされる。これに代わる方法として、鏡20は、照明光を第2の部分路19bへと偏向させる第2の位置に回転せしめられうる。この鏡20の第2の位置は、図において破線により示されている。鏡20は、制御コンピュータ41によって、照明光の光路が第1の部分路19aと第2の部分路19bとの間ににおいて迅速に切り換えられうるように自動的に駆動されうる。照明ビームの位置および角度の自動計測は、光を2つの部分路19a、19bに正確に導入することを目的として用いられる。

【0039】

調節可能な光偏向器4は、図3の平面図に示されるように、また他の実施例4bの態様でも実施されうる。この偏向器は、ビーム偏向用の変位可能な反射プリズム21を有する

。この反射プリズム 21 は、自身の等しい長さの各辺が反射層を備える二等辺三角形プリズムとして設計される。光路 3 を横切る照明光は、図において示される鏡 21 の第 1 の位置において、前記反射層により自身の方向を 90° だけ偏向せしめられることによって、第 1 の部分路 19a に向けなおされる。これに代わる方法として、鏡 21 は、照明光を第 2 の部分路 19b へと偏向させる第 2 の位置に変位せしめられうる。この反射プリズム 21 の位置は、図において破線により示されている。

【 0 0 4 0 】

調節可能な光偏向器を用いた選択的なビーム偏向に代わる方法として、光は、適切な光学機構を用いて同時に両方の部分路 19a、19b に照射せしめられうる。これは、たとえば鏡 20 または反射プリズム 21 の代わりにビームスプリッターを導入することによって行なわれうる。これに代わる方法として、それが適切である場合には異なる波長を有し、かつその光が適切な分光装置を用いて投影系に向けられるとともに投影系上へと分割される多数の光源を投影露光装置内において設けることも可能である。

【 0 0 4 1 】

偏向器 4 からの光が投影系 17 を通過すると同時に、第 1 のマスク 6 上にある構造は、ウェーハ上に転写される。ここに示された例において、第 1 のマスク 6 は、透過マスクとして設計される振幅マスクであり、その場合には、構造は、キャリヤ水晶上においてクロムで施される。第 1 のマスク 6 を用いた露光は、第 1 の投影系 17 に中程度の要求しか課さない。投影対物レンズの開口数は、結像せしめられる構造が非常に粗いため、相対的に小さくされうる。明らかに中程度の要求にもかかわらず、露光を目的として、解像度における光学的改良を高い開口数とともに用いることが指摘されうる。特に、これにより、斜めに入射する照明、すなわち、たとえば双極子照明、四極子照明または環状照明を利用することができます。照明系 5 は、前記の露光パラメータ用に特化される。前記照明系は、任意に軸外光強度を設定するための調節可能なアキシコン素子と、さらにまた最大コヒーレンス度を設定するためのズーム装置とを含む。しかしながら、0.35 未満の低いコヒーレンス度を有する照明を設定することはできない。

【 0 0 4 2 】

第 1 の露光後に、ウェーハは、第 2 の露光位置 13 に持ち込まれる。ウェーハは、第 1 の露光位置 12 から第 2 の露光位置 13 への輸送時に中間的に保管されうる。中間保管装置 45 が、この目的のために、投影露光装置 1 内において設けられる。ウェーハを第 2 の露光位置 13 に配置するために、前記ウェーハは、第 2 のウェーハステージ 14 による計測支援位置決め装置によって、該ウェーハが第 2 の露光系 18 に対する自身の所望位置をとり終えるまで移動せしめられる。連続的に生じしめられる露光構造の正確な重ね合せを保証するために、前記位置決めは、近接位置（光軸に対して直角および平行）、回転位置および傾斜位置に対して高い精度を有する計測支援位置決め装置を利用して行なわれる。ウェーハは、その後、光偏向器を利用して第 2 の部分路 19b へと向けられる、レーザ 2 から到来する光を用いて露光される。第 2 のマスク 9 により生じしめられる構造は、この露光時においてウェーハ上に転写される。

【 0 0 4 3 】

第 2 の露光において、マスク 9 は、微細構造、たとえばトランジスタのゲート構造を結像させるのに適する透過位相マスクである。この位相マスク 9 に衝突する光は、可能な限り平行な態様で該マスク 9 に衝突することを意図され、そのため、照明系は、0.35 未満の低いコヒーレンス度を有する従来式コヒーレント照明用に最適化されるとともに、投影対物レンズ 10 は、高い開口数を有する。したがって、投影系 18 は、位相マスク 9 を用いた露光に特化される。よって、前記投影系においては、たとえば軸外照明を設定することはできない。したがって、前記照明系は、調節可能なアキシコン素子も光学素子用交換装置も有さない。

【 0 0 4 4 】

第 2 の露光後に、ウェーハは、第 2 の露光位置 13 から排出位置 16 へと移送されて、以ってウェーハの二重露光が終了する。基板の感光層上において生じしめられる構造は、

10

20

30

40

50

その後、基板のパターン化を目的として、図には図示されない処理段階において処理される。それが適切である場合には、然る後に、ウェーハは、新しい感光層を設けられて、さらに他の露光工程、たとえばまた他の二重露光工程が、半導体構成品の製造に必要とされる全ての構造がウェーハ上において生じしめられるまで行なわれうるようになる。

【0045】

例証として本明細書に示された事例に代わるものとして、第1の露光および第2の露光は、さらにまた、第1の振幅マスクと該第1の振幅マスクとは異なる第2の振幅マスクとを用いて行なわれうる。このマスクが、たとえば2つの異なる構造方向に延びる微細構造を有する場合は、これにより、第1の照明系において第1の構造方向に最適化される双極子照明を、第2の照明系において前記方向に対して回転せしめられた第2の双極子照明を設定することが可能である。

【0046】

図1において例証として示された、本発明にしたがったマイクロリソグラフィー投影露光装置の実施例は、2個以上の投影系を設けることにより、多重露光用に拡張せしめられる。装置内における汚染を防止するための統合的フラッシングの概念が、露光の円滑な遂行のために用いられうる。これは、たとえば多数の別々のフラッシング装置を互いに入れ子状に重ねて、装置内に存在するガスが外側から内側方向に漸進的により清浄になるようにすることによって実施されうる。投影系17、18は、調節可能な補正要素と、個別の各投影系を基板上における特定の構造の生成に最適に調和させる計測装置とを備えうる。

【0047】

投影露光装置1を通る個別のウェーハの経路は、図1を利用して説明された。当然ながら、あらゆる所定の瞬間ににおいて、1個以上のウェーハが投影露光装置1を横切って、ウェーハ処理量を高めうる。

【0048】

図4に、本発明の方法のひとつの開発形態を説明するための略図が示されている。縦座標は、それぞれマイクロリソグラフィー投影露光装置1内におけるウェーハの位置に対応する5つの区画に分割されている。第1の位置は、図1の投入位置15であり、第2の位置は、第1の投影系の露光位置11である。移送位置40は、第3の区画に割り振られている。図1の第2の露光位置13は第4の区画に、排出位置16は第5の区画に割り振られている。方法段階が投影露光装置1の前記5つの位置の1つにおいて行なわれる場合は、このことは、図4において、その位置において行なわれる処置が記載されたボックスによって示されている。投入位置15と排出位置16と移送位置40とに関しては、これらの処置は、基板の投入と排出と移送である。第1および第2の露光位置11、13の場合は、この処置は、較正動作(計測支援位置決め)または露光動作のいずれかからなりうる。個別の位置において行なわれる処置の一時的な変動は、横座標に沿って表示されている。

【0049】

個別の基板の経路が、投影露光装置内において追跡される場合は、この経路は、第1の区画15において投入動作30から始まる。基板は、その後、第1の露光位置11に移送され、前記位置において正確な位置決めのための計測動作31が、その後に露光動作32が行なわれる。基板は、その後、移送動作33において中間保管装置45内の移送位置40に移送される。前記位置から、基板は、第2の露光位置に持ち込まれ、この位置において計測支援位置決めのための計測動作34と、以って露光動作35とが行なわれる。最後に、基板は、投影露光装置から排出段階36において取り出される。

【0050】

多数の基板が同時に投影露光装置内に存在する場合は、前記の処理サイクルは、多数の基板において時間的にずれた態様で同時に進行しうる。当然ながら、このことは、前記の処理サイクル30、31、32、33、34、35に対するある一定の時間ずれを必要とする。並行して進められる多数のこうした処理サイクルが、図4に示されている。最適化

10

20

30

40

50

された処理サイクルは、たとえば1個のウェーハが一方のウェーハステージから次のウェーハステージへの移送時において中間的に保管される一方で、先行のウェーハは、先行する投影系により較正されて位置を判断されるとともに、後続のウェーハは、下流の投影系の下において露光されることによって達成されうる。ウェーハの較正と露光との段階は、これによって切り離されて、レーザ光源2が最適に負荷されるようになる。

【0051】

前記投影露光装置の高水準の利用率、以って高いウェーハ処理量は、並行運転によって達成されうる。各処理段階に必要とされる時間は、図4では、図の簡潔化のために同一に選択されているが、通常の事例においては、異なる処理段階が異なる時間を必要とすることは言うまでもない。その結果として、投影プラットフォーム1において少なくとも2個の特化された投影系17、18によりウェーハを連続露光する方法が創出される。

10

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明にしたがったマイクロリソグラフィー投影露光装置のひとつの実施例の全体略図である。

【図2】光偏向器のまた他の実施例の略平面図である。

【図3】光偏向器のさらに他の実施例の略平面図である。

【図4】本発明にしたがった多重露光方法のひとつの開発形態を説明する略図である。

【符号の説明】

【0053】

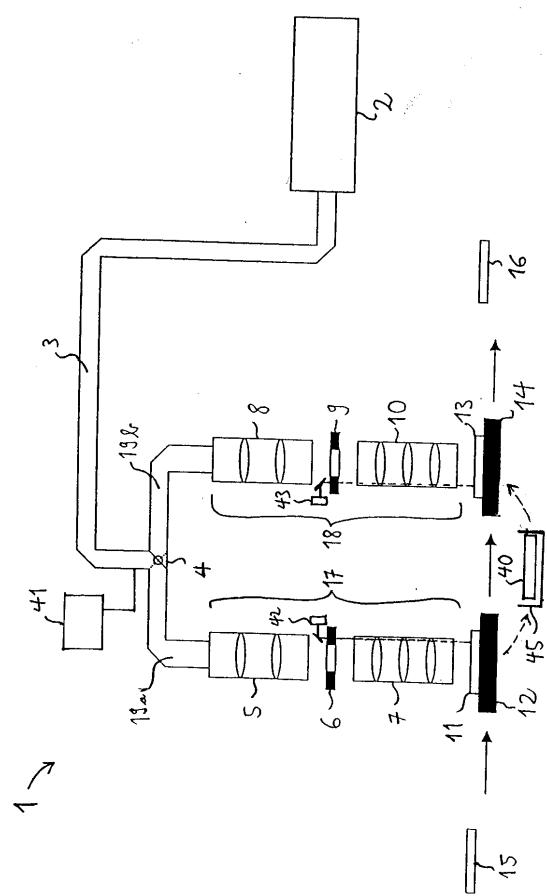
20

- 1 投影露光装置
- 2 レーザ
- 3 光路
- 4 光偏向器
- 5、8 照明系
- 6、9 マスク
- 7、10 投影対物レンズ
- 11、13 露光位置
- 12、14 ウェーハステージ
- 15 投入位置
- 16 排出位置
- 17、18 投影系
- 19a、19b 部分路
- 20 鏡
- 21 反射プリズム
- 30 投入動作
- 33 移送動作
- 34 計測動作
- 36 排出段階
- 40 移送位置
- 41 制御コンピュータ
- 42 アラインメント装置
- 45 中間保管装置

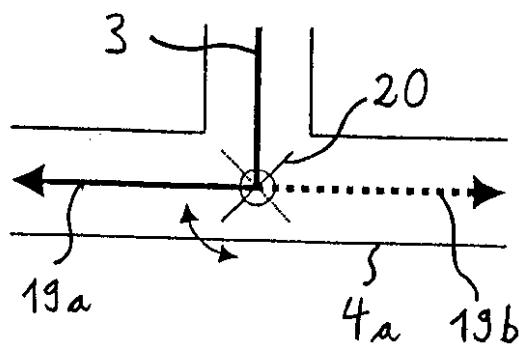
30

40

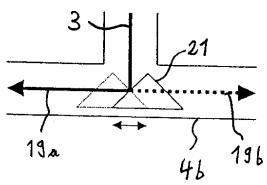
【図1】



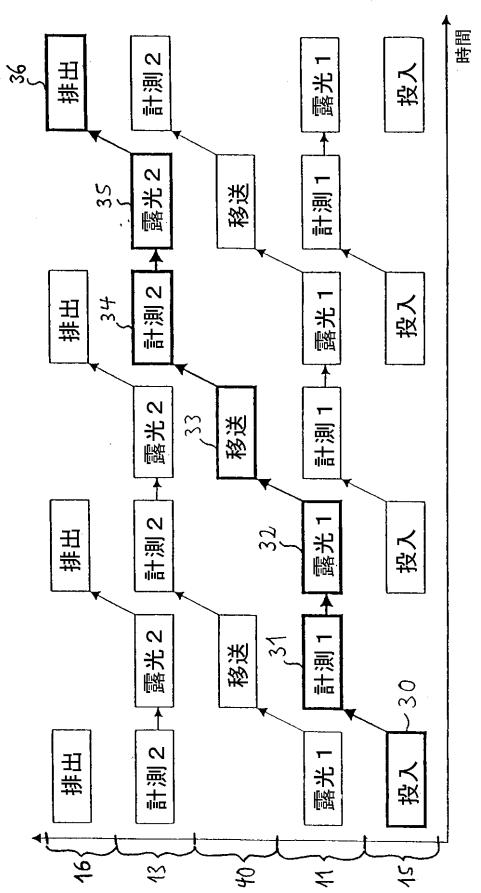
【図2】



【図3】



【図4】



【外國語明細書】

1 Title of Invention

Method for a multiple exposure, microlithography projection exposure installation and a projection system

2 Detailed Description of Invention

The invention relates to a method for multiple exposure at least of one substrate coated with a photosensitive layer, a microlithography projection exposure installation for multiple exposure at least of one substrate coated with a photosensitive layer, and a projection system having an illuminating system and a projection objective.

The efficiency of projection exposure installations for the microlithographic fabrication of semiconductor components and other finely patterned devices is substantially determined by the imaging properties of the projection objectives. Moreover, the image quality and the wafer throughput that can be achieved with the installation are influenced substantially by properties of the illuminating system arranged upstream of the projection objective. Said system must be capable of preparing the light of a primary light source, for example a laser, with the highest possible efficiency, and in the process of producing as uniform as possible a distribution of intensity in an illumination field of the illuminating system.

Depending on the nature and size of the patterns to be produced on the wafer, suitable exposure parameters can be set on the illuminating system and/or the projection objective. For example, conventional illumination with different degrees of coherence and annular field illumination or polar illumination can be set on the illuminating system in order to produce an off-axis, oblique illumination. The numerical aperture can be set on the projection objective.

Given a prescribed wavelength of the primary light source, the selection of suitable exposure parameters can serve, *inter alia*, for imaging structures that it would not be possible to image with satisfactory quality by using other exposure parameters because of their small structural sizes. However, a long exposure time is frequently associated with a selection of exposure parameters for which such fine structures can be resolved, and so the wafer throughput turns out to be low. Such fine structures frequently cannot be correctly resolved given a selection of exposure parameters for which a higher wafer throughput is achieved, although

structures with larger structural sizes can be.

Since the structures to be produced on the wafer can frequently be subdivided into fine and coarse structures, it can be favorable to carry out a double exposure of the wafer for which a first set of exposure parameters is used for imaging the coarse structures, while a second set of exposure parameters different from the first one is used for imaging the fine structures. The exposure parameters of the first set can be selected, for example, such that only a short exposure time is required for imaging the coarse structures. The exposure parameters of the second set can be optimized such that only those structures are imaged that are so fine that they cannot be imaged with the first set of exposure parameters. Of course, multiple exposures with more than two exposures are also possible.

In a known type of double exposure, an exposure by means of an amplitude mask is carried out with a first set of exposure parameters. It is possible in this way to make use of oblique illumination such as, for example, annular, dipole or quadrupole illumination in order to increase the resolution. A second exposure with a second set of exposure parameters is carried out with the aid of a phase mask. A coherent illumination with a low degree of coherence σ is normally set thereby at the illuminating system. Such a method is described, for example, in the article entitled "Improving Resolution in Photolithography with a Phase-Shifting Mask" by M.D. Levenson, N.S. Viswanathan, R.A. Simson in IEEE Trans. Electr. Dev., ED-29(12), pp. 1828 - 1836, 1982, and in the article entitled "Performance Optimization of the Double-Exposure" by G.N. Vandenberghe, F. Driessens, P.J. van Adrichem, K.G. Ronse, J. Li, L. Karlaklin in Proc. of the SPIE, Vol. 4562, pp. 394 - 405, 2002. In the method for multiple exposure that is described there, a first set of exposure parameters is initially set on the projection system for the first exposure. Thereafter, a second set of exposure parameters is set on the projection system for the second exposure, and this requires a reconfiguration of the projection system. This reconfiguration of the projection system from the first to the second set of exposure parameters results in a time loss and in mechanical wear of the parts whose position and/or shape need to be varied in the reconfiguration.

It is the object of the invention to provide a method for multiple exposure that permits a high wafer throughput. Moreover, the aim is to provide for the purpose of carrying out such a method a microlithography projection exposure installation with which it is possible by comparison with conventional systems to raise the productivity in conjunction with an at least unchanged quality and lower costs. In addition, cost effective projection systems are to be provided that can be used for such a method.

These objects are achieved by means of a method having the features of claim 1, a microlithography projection exposure installation having the features of claim 12, and a projection system having the features of claim 28.

Advantageous developments are specified in the dependent claims. The wording of all the claims is incorporated in the description by reference.

An inventive method of the type mentioned at the beginning comprises the following steps: Carrying out a first exposure of the substrate in accordance with a first set of first exposure parameters. Carrying out at least one second exposure of the substrate in accordance with a second set of second exposure parameters, use being made for the first exposure of a first projection system, and for the second exposure of a second projection system spatially separated from the first projection system. The sets of exposure parameters for the respective exposure can be set in an optimized fashion on the first and second spatially separated projection systems. It follows that there is no need to adjust the projection systems during the multiple exposure, and so time can be saved, on the one hand, and on the other hand no wear on movable parts of the projection system can occur owing to the changeover of the exposure parameters. The sequence of first and second exposure can be adapted to the requirements of the process. The first and the second projection system can advantageously be arranged in a common microlithography projection exposure installation in order to carry out the method in a simplified way.

In a development of the method, the first exposure is carried out with the aid of a first mask, and the second exposure is carried out with the aid of a second mask different from the first mask. When use is made

of different masks for two exposures, it is possible, for example, for structures with a first structural direction to be imaged onto the substrate with the aid of the first mask, and for structures with a second structural direction different from the first to be so imaged with the aid of the second mask.

In a development of the method, the first mask is an amplitude mask and the second mask is a phase mask. Coarse structures can be imaged with the amplitude mask, which can be designed as a transmission mask or a reflection mask. Fine structures can be transferred onto the substrate with the phase mask, which can likewise be operated by transmission or reflection.

In an embodiment of the method, the first set of exposure parameters includes at least one exposure parameter which is not set or cannot be set in the case of the second projection system, and/or wherein the second set of exposure parameters includes at least one exposure parameter which is not set or cannot be set in the case of the first projection system. By setting different exposure parameters on the two projection systems, the latter can be optimized for different types of exposure. The complexity of each individual projection system used for the exposure can be reduced thereby. Such a reduction in the complexity of projection systems can contribute to reducing costs.

In a development of the method, a set of exposure parameters has at least one exposure parameter from the following group: Degree of coherence σ of the illumination, annularity of the illumination, polarity of the illumination, orientation of the illumination with reference to at least one structural direction of the mask, time profile of the exposure, and wavelength of the exposure.

The degree of coherence σ of illumination is denoted as the ratio of the output-side numerical aperture of the illuminating system to the input-side numerical aperture of a downstream projection objective. In this case, small values of σ correspond to a largely or completely coherent illumination, while the coherence decreases the larger σ becomes. Annularity is understood as the radial intensity distribution of the illuminating light in a pupil plane. A distinction is made here between different forms of illumination, depending on whether a fraction of the light intensity lies in the vicinity

of the optical axis (axial illumination), or whether a major part is located further removed therefrom (off-axis illumination). Polarity of the illumination is understood as the radial symmetry of an off-axis illumination. This can be a dipole symmetry or a quadrupole symmetry, for example. Such a multipolar illumination can have a specific orientation with reference to at least one structural direction of the mask. This orientation can be selected so as to achieve an improvement in the imaging quality.

The time profile of the exposure is understood not only as the exposure time period, but also the time variation in the radiation intensity during the exposure time period. The wavelength of the illuminating light can differ from exposure to exposure and/or between the projection systems, it thereby being possible to achieve an adaptation to the structures to be imaged.

In a development of the method, the position of the substrate is set in the case of the second exposure in the second projection system such that it can be set with an equivalent position of the substrate during the first exposure in the first projection system with an accuracy which is low compared with the smallest structural size to be projected. This enables an effective control of the overlay between structures that are imaged in the first exposure and the second one. Such a control has an advantageous effect on the quality of the structures that can be produced on the substrate with the aid of the method. The accuracy with which the overlay control should be carried out for the case of applying a microlithography projection exposure installation is in the region of a few nanometers. In order to achieve this accuracy, the substrate can be positioned in the projection system by means of a positioning device aided by measurement.

In an embodiment of the method, a transfer of the substrate from the first projection system to the second projection system is carried out between the first exposure and the second exposure. The two projection systems need not be moved by the transfer of the substrate. A suitable transport device can be provided in a microlithography projection exposure installation for the transfer of the substrate. Alternatively, of course, the substrate can also remain at the same location in the first exposure and in the second one if the projection objectives are moved relative to the sub-

strate.

In a development of the method, during the transfer the substrate is intermediately stored after removal from the first projection system and before introduction into the second projection system. An intermediate storage device can be provided for this purpose. The intermediate storage enables the carrying out of first exposures to be continued even when the second exposure cannot be carried out directly subsequent to the first exposure. This can prove to be advantageous particularly when the second exposure requires a longer duration than the first exposure, or when it is necessary to carry out maintenance work, cleaning work etc. on the second projection system.

In a development of the method, for an exposure on a projection system, inputting the substrate into the area of an exposure position, positioning it in the exposure position with the aid of measurement, exposing it and outputting the substrate from the exposure position are carried out in this sequence, positioning a first substrate in the first projection system with the aid of measurement, and exposing a second substrate in the second projection system being carried out simultaneously at least temporarily. The wafer throughput that can be achieved with the method according to the invention can be substantially raised by such parallel working on two substrates simultaneously. Moreover, the loading of the light source can be substantially increased.

In a development of the method, a first polar illumination is set as exposure parameter for a first exposure, and a second polar illumination having an orientation different from the first exposure is set as exposure parameter for at least one second exposure. Particularly in the case of the use of dipole illumination, it is possible thereby for structures with different orientations to be transferred onto the substrate in an especially advantageous way.

In an embodiment of the method, the first exposure and the second exposure are performed with the light of the same assigned light source. It is possible to save costs by using two or more projection systems with a common light source for carrying out the method. An adjustable optical deflector for optionally deflecting light to the first projection system or to

the second one can be provided as distribution device in a microlithography projection exposure installation. Such a deflector can be driven quickly, and so the light is available at the projection system at the desired instant. The deflector can have at least one rotatable and/or displaceable mirror, or an appropriate deflecting prism. The light loss during the deflection can be kept slight by using such a mirror or prism. As an alternative to a first and second exposure carried out in a temporary separate fashion with one light source, the first and the second exposure can also partly overlap temporarily when the light from the light source is split into two or more component beams by means of a distribution device. It is possible, as an alternative, for the microlithography projection exposure installation to be assigned a number of light sources.

An inventive microlithography projection exposure installation of the type mentioned at the beginning comprises a first projection system, on which a first set of exposure parameters is set or can be set, and comprising at least one second projection system which is spatially separated from the first projection system and on which a second set of exposure parameters is set or can be set.

In a development of the microlithography projection exposure installation, the wavelength at least of one assigned light source is shorter than 260 nm and is, in particular, 248 nm, 193 nm or 157 nm. The use of such short wavelengths permits the imaging of particularly fine structures. It is possible to use a number of light sources of different wavelengths in a microlithography projection exposure installation.

In an embodiment of the microlithography projection exposure installation, the latter has a first and/or a second projection system on which solely a specialized set of exposure parameters can be set or is set. Such a projection system can be adapted to the individual requirements of an exposure process. It is therefore not necessary that the projection system can be optimized for all conceivable conditions of use. This specialization eliminates a costly equipping of the projection system with movable and/or displaceable and/or exchangeable optical components for implementing diverse sets of exposure parameters. The operating costs can be optimized by the use of tailored "slim" projection systems that are optimized

for specific types of exposure. It is possible to eliminate extensive special equipment that is available for providing greater variability in the case of conventional systems. With systems according to the invention, work sharing/task specialization is possible in accordance with the principle of assembly line operation.

In a development of the microlithography projection exposure installation, the first and/or the second projection system has an illuminating system at which solely axial illumination with different degrees of coherence can be set. With such specialization of the illuminating system, it is possible to eliminate optical components for producing off-axis illumination, for example on axicons.

In an embodiment of the microlithography projection exposure installation, the first and/or the second projection system has an illuminating system at which solely coherent, conventional illumination with a degree of coherence σ of lower than 0.35 can be set. Such a projection system can be used advantageously in an exposure by means of a phase mask, since this should be carried out with beams that are incident on the mask substantially parallel to the optical axis.

In an embodiment of the microlithography projection exposure installation, the first and/or the second projection system has an illuminating system at which solely off-axis illumination can be set. Such a projection system can be used, for example to produce solely a dipole illumination. Fine structures can be produced on the substrate even in the case of relatively long wavelengths of the illuminating light by double exposure on two projection systems in which the dipole illumination of the first and second projection system are differently oriented.

In a development of the microlithography projection exposure installation, the first and/or the second projection system has an illuminating system which does not comprise an adjustable optical element. Such an illuminating system can be optimally tailored to a specific exposure process. The renunciation of adjustable optical elements can effect a reduction in cost. Again, no mechanical wear of the components of the illuminating system can occur.

In an embodiment of the microlithography projection exposure

installation, the first and/or the second projection system has an illuminating system which does not comprise an exchangeable optical element. The renunciation of exchangeable optical elements can favorably affect the imaging quality, since such an exchange is frequently associated with the introduction of contamination into the illuminating system.

The invention also comprises a projection system of the type mentioned at the beginning in the case of which solely a coherent, conventional illumination with a degree of coherence σ of lower than 0.35 can be set, and a projection system according to the invention on which solely off-axis illumination can be set. Such a projection system can be integrated together with at least a second one in a microlithography projection exposure installation, but it can also be used alone in such an installation. As regards advantageous developments of such cost effective, specialized projection systems, reference may be made to statements above in the context of a microlithography projection exposure installation according to the invention.

Apart from emerging from the claims, the present and further features also emerge from the description and the drawings, it being possible for the individual features to be respectively implemented on their own or severally in the form of subcombinations in embodiments of the invention and in other fields, and advantageously being able to constitute embodiments which can be protected per se.

Figure 1 shows an example of a microlithography projection exposure installation 1 that can be used in the fabrication of semiconductor

components and other finely structured subassemblies, and that operates to achieve resolutions of up to fractions of micrometers with light from the deep ultraviolet region. A KrF excimer laser with an operating wavelength of approximately 248 nm serves as light source 2. F₂ lasers with approximately 157 nm, ArF excimer lasers with a 193 nm operating wavelength, or mercury-vapor lamps with a 368 nm or 436 nm operating wavelength are also possible alternatively as UV light sources.

The laser 2 is connected to a device that prescribes the light path 3 up to an optical deflector 4. The light path 3 is divided there into two partial paths. Arranged in the first partial path 19a is a first projection system 17 that has a first illuminating system 5 for illuminating a first mask 6, and a first projection objective 7 for imaging the structure supported by the first mask 6 onto a substrate to be exposed. Arranged in the second partial path 19b is a second projection system 18, which has a second illuminating system 8 for illuminating a second mask 9, and a second projection objective 10 for imaging the structure supported by the second mask 9 onto a substrate to be exposed.

Each of the two projection systems 17, 18 further has a measurement-aided positioning system for setting the position of a wafer stage 12, 14, fitted below the respective projection system, relative to the position of the respective mask 8, 9 on the basis of optically detected measured data. The projection exposure installation 1 also has a control computer 41 for controlling the entire process taking place in the projection exposure installation.

A number of marked positions are provided for the wafer in the projection exposure installation 1. These positions are assumed successively by the wafer when a process such as exposure, measurement or storing is carried out thereon. An input position 15 serves for bearing the wafer before introducing it into the projection exposure installation 1. An exposure position 11 or 13 is assumed by the wafer during exposure on the first or second projection system, respectively. The wafer can be moved between the two exposure positions with the aid of a transport device and be held in the process, if appropriate, by means of an intermediate storage device 45 in a transfer position 40. The wafer finally assumes an output

position 16 after being removed from the projection exposure installation 1.

While a double exposure is being carried out with the aid of the microlithography projection exposure installation 1, a wafer coated with photoresist and which constitutes a substrate that has a photosensitive layer and is to be exposed is transferred from the input position 15 into the vicinity of the first exposure position 11. Transport devices (not illustrated pictorial in the figure) are provided in the projection exposure installation 1 for this transfer and the following ones. In order to position the wafer exactly in the exposure position, the former is moved by means of the measurement-aided positioning device by means of a first wafer stage 12 until it has assumed the desired position relative to the first projection system 17 to the accuracy of a few nanometers. This positioning is carried out on the basis of measured data for an alignment system 42. The mask 6 is held by a holding device which can be moved such that the positioning of the mask can be coordinated with the positioning of the wafer. The wafer is exposed with the light that comes from the laser 2 and is directed at the optical deflector 4 into the first partial path 19a.

[0043] The adjustable optical deflector 4 can be designed in this case in an embodiment 4a as shown in plan view in figure 2. This has a rotatable mirror 20 for beam deflection. In the first position of the mirror 20 shown here, the illuminating light, which traverses the light path 3, is fully redirected in the first partial path 19a by having its direction deflected by 90° by the mirror. Alternatively, the mirror 20 can be rotated into a second position that permits the illuminating light to be deflected into the second partial path 19b. This second position of the mirror 20 is indicated by a dotted line in the figure. The mirror 20 can be driven automatically by means of the control computer 41 such that the path of the illuminating light can be switched over quickly between the first partial path 19a and the second partial path 19b. Automatic measurement of position and angle for the illuminating beam is provided for the purpose of introducing the light precisely into the two partial paths 19a, 19b.

The adjustable optical deflector 4 can also be implemented in another embodiment 4b, as shown in plan view in figure 3. This has a dis-

placeable reflecting prism 21 for beam deflection. The reflecting prism 21 is designed as an isosceles prism whose sides of equal length are each provided with a reflecting layer. The illuminating light, which traverses the light path 3, is redirected in the first position, shown in the figure, of the mirror 21 in the first partial path 19a by having its direction deflected by 90° by the reflecting layer. Alternatively, the mirror 21 can be displaced into a second position, which permits the illuminating light to be deflected into the second partial path 19b. This position of the reflecting prism 21 is illustrated by a dotted line in the figure.

As an alternative to the selective beam deflection with an adjustable optical deflector, the light can be irradiated into both partial paths 19a, 19b simultaneously with a suitable optical arrangement. This can be done, for example, by introducing a beam splitter instead of the mirror 20, or the reflecting prism 21. As an alternative, it is also possible to provide in the projection exposure installation a number of light sources which are of different wavelength, if appropriate, and whose light is directed to the projection systems with suitable distribution devices and split onto the projection systems.

Upon passage of the light coming from the deflector 4 through the projection system 17, a structure present on the first mask 6 is transferred onto the wafer. In the example illustrated here, the first mask 6 is an amplitude mask designed as transmission mask and in the case of which structures are applied in chromium on a quartz carrier. The exposure with the first mask 6 makes only moderate demands on the first projection system 17. The numerical aperture of the projection objective can be relatively small, since the structures to be imaged are very coarse. Despite the decidedly modest demands, it can be indicated to use optical improvements in the resolution in conjunction with a high numerical aperture for the purpose of exposure. In particular, it is possible thereby to make use of obliquely incident illumination, that is to say dipole illumination, quadrupole illumination or annular illumination, for example. The illuminating system 5 is specialized for the abovenamed exposure parameters. It includes adjustable axicon elements for optionally setting off-axis light intensity, as well as a zoom system for setting the maximum degree of coherence. However,

it is not possible to set an illumination with a low degree of coherence $\sigma < 0.35$.

After the first exposure, the wafer is brought into the second exposure position 13. It is possible for the wafer to be intermediately stored during transport from the first exposure position 12 to the second exposure position 13. An intermediate storage device 45 is provided for this purpose in the projection exposure installation 1. In order to position the wafer in the second exposure position 13, the latter is moved by means of a measurement-aided positioning device by means of a second wafer stage 14 until it has assumed its desired position relative to the second projection system 18. In order to ensure exact superimposition of the successively produced exposure structures, the positioning is carried out with the aid of the measurement-aided positioning system with high accuracy with reference to proximity position (transverse and parallel to the optical axis), rotary position and tilted position. The wafer is subsequently exposed with the light coming from the laser 2, which is directed into the second partial path 19b with the aid of the optical deflector. A structure produced by the second mask 9 is transferred onto the wafer during the exposure.

In the second exposure, the mask 9 is a transmission phase mask that is suitable for imaging fine structures, for example the gate structures of transistors. The light striking the phase mask 9 is intended to strike the mask 9 in as parallel a way as possible, for which reason the illuminating system is optimized for a coherent, conventional illumination with low degrees of coherence $\sigma < 0.35$, and the projection objective 10 has a high numerical aperture. The projection system 18 is therefore specialized for exposure with a phase mask 9. It is therefore impossible to set off-axis illumination, for example, on said system. The illuminating system therefore has neither adjustable axicon elements nor a changing device for optical components.

After the second exposure, the wafer is transferred from the second exposure position 13 into an output position 16, the double exposure of the wafer thereby being terminated. The structures produced on the photosensitive layer of the substrate are subsequently processed in a process step not illustrated pictorially for the purpose of patterning the sub-

strate. If appropriate, the wafer is provided thereafter with a new photosensitive layer such that a further exposure process, for example another process of double exposure, can be undertaken until all structures required for producing a semiconductor component are produced on the wafer.

As an alternative to the case illustrated here by way of example, the first exposure and the second exposure can also be carried out with a first and a second amplitude mask different from the first. If the mask has, for example, fine structures running in two different structural directions, it is thus possible to set a dipole illumination optimized for the first structural direction in the first illuminating system, and a second dipole illumination rotated with respect thereto in the second illuminating system.

The embodiment, illustrated by way of example in figure 1, of a microlithography projection exposure installation according to the invention can be extended for multiple exposure by providing more than two projection systems. An integral flushing concept for avoiding contamination in the installation can be present for smooth running of the exposure. This can be implemented, for example, by nesting a number of separate flushing systems in one another such that the gas present in the installation becomes progressively cleaner from the outside inwards. The projection systems 17, 18 can be provided with adjustable correction elements and with measuring apparatuses that permit each individual projection system to be coordinated optimally with the production of a specific structure on the substrate.

The path of an individual wafer through the projection exposure installation 1 has been described with the aid of figure 1. Of course, more than only a single wafer can traverse the projection exposure installation 1 at any given instant, in order to raise the wafer throughput.

Figure 4 shows a schematic for explaining a development of a method according to the invention. The ordinate is divided into five sections which respectively correspond to a position of a wafer in the microlithography projection exposure installation 1. The first position is the input position 15 of figure 1, the second position the exposure position 11 of the first projection system. The transfer position 40 is assigned to the third section.

The second exposure position 13 of figure 1 is assigned to the fourth section, and the output position 16 to the fifth section. If a method step is carried out at one of the five positions of the projection exposure installation 1, this is illustrated in figure 4 by a box in which the measure carried out at the position is described. For the input position 15, the output position 16 and the transfer position 40, these activities are the input, output and transfer of a substrate. In the case of the first and second exposure positions 11, 13, this activity can comprise either a calibration operation (measurement-aided positioning) or an exposure operation. The temporal variation in the activities carried out at the individual positions is plotted along the abscissa.

If the path of an individual substrate is tracked in the projection exposure installation, this path begins in the first section 15 with an input operation 30. The substrate is subsequently transferred to the first exposure position 11, where a measuring operation 31 for exact positioning and, subsequently, an exposure operation 32 are carried out. The substrate is transferred thereafter in a transfer operation 33 to the transfer position 40 in the intermediate storage device 45. From there, it is brought into the second exposure position, where a measuring operation 34 for measurement-aided positioning and, therefore, an exposure operation 35 are carried out. Finally, the substrate is removed from the projection exposure installation in an output step 36.

When a number of substrates are present simultaneously in the projection exposure installation, the abovedescribed process cycle can proceed simultaneously at a number of substrates in a fashion offset in time. Of course, this requires a certain time offset in relation to the abovedescribed process cycle 30, 31, 32, 33, 34, 35. A number of such process cycles running in parallel are illustrated in figure 4. An optimized process cycle can be achieved, for example, by intermediately storing a wafer during the transfer from one wafer stage to the next, while the preceding wafer is calibrated by the preceding projection system for determining position, and the subsequent wafer is exposed beneath the downstream projection system. The phases of calibration and exposure of the wafer are thereby decoupled so that the laser light source 2 is optimally loaded.

A high level of utilization of the projection exposure installation, and thus a high wafer throughput can be achieved owing to the running in parallel. The time required for each process step is selected identically in figure 4 in order to simplify the illustration, but it goes without saying that different process steps require a different time duration in the normal case. The result is the creation of a method for successive exposure of wafers by at least two specialized projection systems 17, 18 in a projection platform 1.

3 Detailed Description of Drawings

figure 1 shows a schematic overview of an embodiment of a microlithography projection exposure installation according to the invention,

figure 2 shows a schematic plan view of a further embodiment of an optical deflector,

figure 3 shows a schematic plan view of a further embodiment of an optical deflector, and

figure 4 shows a schematic for explaining a development of a method according to the invention for multiple exposure.

1. Method for multiple exposure at least of one substrate coated with a photosensitive layer, having the following steps:
carrying out a first exposure of the substrate in accordance with a first set of first exposure parameters;
carrying out at least one second exposure of the substrate in accordance with a second set of second exposure parameters;
use being made for the first exposure of a first projection system, and for the second exposure of a second projection system spatially separated from the first projection system.
2. Method according to Claim 1, wherein the first exposure is carried out with the aid of a first mask, and the second exposure is carried out with the aid of a second mask different from the first mask.
3. Method according to Claim 2, wherein the first mask is an amplitude mask and the second mask is a phase mask.
4. Method according to one of the preceding claims, wherein the first set of exposure parameters includes at least one exposure parameter which is not set or cannot be set in the case of the second projection system, and/or wherein the second set of exposure parameters includes at least one exposure parameter which is not set or cannot be set in the case of the first projection system.
5. Method according to one of the preceding claims, wherein a set of exposure parameters includes at least one exposure parameter from the following group:
 - degree of coherence σ of the illumination
 - annularity of the illumination
 - polarity of the illumination
 - orientation of the illumination with reference to at least one structural direction of the mask

- time profile of the exposure
- wavelength of the exposure.

6. Method according to one of the preceding claims, wherein a position of the substrate is set in the case of the second exposure in the second projection system such that it can be set with an equivalent position of the substrate during the first exposure in the first projection system with an accuracy which is low compared with a structural size to be projected.

7. Method according to one of the preceding claims, wherein a transfer of the substrate from the first projection system to the second projection system is carried out between the first exposure and the second exposure.

8. Method according to Claim 7, wherein during the transfer the substrate is intermediately stored after removal from the first projection system and before introduction into the second projection system.

9. Method according to one of the preceding claims, wherein, for an exposure on a projection system, inputting the substrate into the area of an exposure position, positioning it in the exposure position with the aid of measurement, exposing it and outputting the substrate from the exposure position are carried out in this sequence, positioning a first substrate in the first projection system with the aid of measurement, and exposing a second substrate in the second projection system being carried out simultaneously at least temporarily.

10. Method according to one of the preceding claims, wherein a first polar illumination is set as exposure parameter for a first exposure, and a second polar illumination having an orientation different from the first exposure is set as exposure parameter for at least one second exposure.

11. Method according to one of the preceding claims, wherein the first exposure and the second exposure are performed with the light of the same assigned light source, the first exposure and the second exposure

preferably being carried out separately in time.

12. Microlithography projection exposure installation (1) for multiple exposure at least of one substrate coated with a photosensitive layer, comprising a first projection system (17), on which a first set of exposure parameters is set or can be set, and at least one second projection system (18) which is spatially separated from the first projection system (17) and on which a second set of exposure parameters is set or can be set.

13. Microlithography projection exposure installation according to Claim 12, wherein the first projection system (17) is a first specialized projection system (17) on which it is possible to set a first set of exposure parameters which cannot be completely set in the case of the second projection system (18), and/or the second projection system (18) is a second specialized projection system (18) on which it is possible to set a second set of exposure parameters which cannot be completely set in the case of the first projection system (17).

14. Microlithography projection exposure installation according to Claim 12 or 13, wherein at least one exposure parameter from the following group:

- degree of coherence σ of the illumination
- annularity of the illumination
- polarity of the illumination
- orientation of the illumination with reference to at least one structural direction of the mask
- time profile of the exposure
- wavelength of the exposure

is set or can be set on the first and/or on the second projection system (17, 18).

15. Microlithography projection exposure installation according to one of Claims 12 to 14, wherein the first projection system (17) and the second projection system (18) each have a positioning device for positioning the

substrate with the aid of measurement such that the position (13) of the substrate in the second projection system (18) relative to an equivalent position (11) of the substrate in the first projection system (17) can be set with an accuracy which is low compared with the smallest structural size to be projected.

16. Microlithography projection exposure installation according to one of Claims 12 to 15, wherein at least one transport device is provided for transferring the substrate from the first projection system (17) to the second projection system (18).

17. Microlithography projection exposure installation according to Claim 16, wherein the transport device is assigned an intermediate storage device for intermediate storage of the substrate.

18. Microlithography projection exposure installation according to one of Claims 12 to 17, wherein the same light source (2) is assigned to the first projection system (17) and to the second projection system (18).

19. Microlithography projection exposure installation according to Claim 18, wherein arranged in a light path downstream of the light source (2) as distribution device is an adjustable optical deflector (4; 4a; 4b) for optionally deflecting light to the first projection system (17) or to the second projection system (18).

20. Microlithography projection exposure installation according to Claim 19, wherein the adjustable optical deflector (4; 4a; 4b) has at least one rotatable and/or displaceable mirror (20; 21).

21. Microlithography projection exposure installation according to one of Claims 12 to 20, wherein the wavelength at least of one assigned light source (2) is shorter than 260 nm and is, in particular, 248 nm, 193 nm or 157 nm.

22. Microlithography projection exposure installation according to one of Claims 12 to 21, wherein solely a specialized set of exposure parameters can be set on the first projection system (17) and/or on the second projection system (18).

23. Microlithography projection exposure installation according to Claim 22, wherein the first projection system (17) and/or the second projection system (18) has an illuminating system (5, 8) at which solely axial illumination with different degrees of coherence can be set.

24. Microlithography projection exposure installation according to Claim 22 or 23, wherein the first projection system (17) and/or the second projection system (18) has an illuminating system (5, 8) at which solely coherent, conventional illumination with a degree of coherence σ of lower than 0.35 can be set.

25. Microlithography projection exposure installation according to one of Claims 22 to 24, wherein the first projection system (17) and/or the second projection system (18) has an illuminating system (5, 8) at which solely off-axis illumination can be set.

26. Microlithography projection exposure installation according to one of Claims 22 to 25, wherein the first projection system (17) and/or the second projection system (18) has an illuminating system (5, 8) which does not comprise an adjustable optical element.

27. Microlithography projection exposure installation according to one of Claims 22 to 26, wherein the first projection system (17) and/or the second projection system (18) has an illuminating system (5, 8) which does not comprise an exchangeable optical element.

28. Projection system (17, 18) having an illuminating system (5, 8) and a projection objective (7, 10) wherein it is possible to set on the illuminating system (5, 8) solely a coherent, conventional illumination with a degree of

coherence σ of lower than 0.35.

29. Projection system (17, 18) having an illuminating system (5, 8) and a projection objective (7, 10) wherein solely off-axis illumination can be set on the illuminating system (5, 8).

1. Abstract

In a method for multiple exposure at least of one substrate coated with a photosensitive layer, a first exposure is carried out in accordance with a first set of exposure parameters on a first projection system (17), and a second exposure is carried out in accordance with a second set of exposure parameters on a second projection system (18) spatially separated from the first projection system (17). The projection systems are integrated in a common projection exposure installation (1). The first exposure can be carried out, for example, with an amplitude mask (6), the second exposure with a phase mask (9). The use of a number of projection systems enables multiple exposure that is performed in parallel and is therefore timesaving.

2. Representative Drawings

Figure 1

