

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2016-538576
(P2016-538576A)

(43) 公表日 平成28年12月8日(2016.12.8)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
GO3F 7/20 (2006.01)	GO3F 7/20 503	2G086
GO1M 11/02 (2006.01)	GO1M 11/02 B	2H197
	GO3F 7/20 521	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 28 頁)

(21) 出願番号 特願2016-515495 (P2016-515495)
 (86) (22) 出願日 平成26年9月18日 (2014. 9. 18)
 (85) 翻訳文提出日 平成28年5月16日 (2016. 5. 16)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2014/002528
 (87) 国際公開番号 W02015/039751
 (87) 国際公開日 平成27年3月26日 (2015. 3. 26)
 (31) 優先権主張番号 102013218991.5
 (32) 優先日 平成25年9月20日 (2013. 9. 20)
 (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・ゲー
 エムペーハー
 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 100147485
 弁理士 杉村 憲司
 (74) 代理人 100147692
 弁理士 下地 健一
 (74) 代理人 100186015
 弁理士 小松 靖之
 (72) 発明者 アルブレヒト アーマン
 ドイツ国 73432 アーレン ゲヴァ
 ンドヴェルク 22

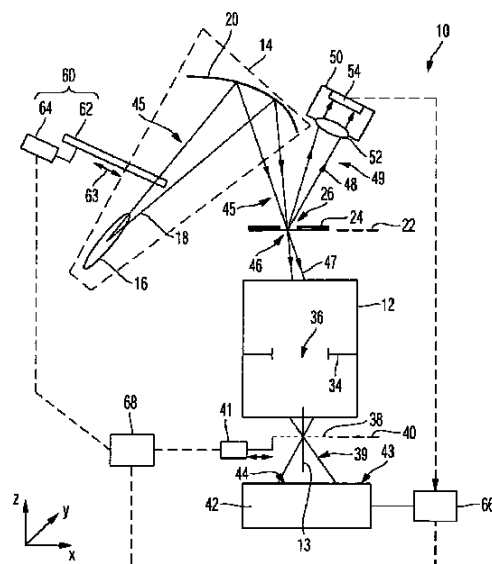
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光学結像系の光学特性を測定する方法及び装置

(57) 【要約】

光学結像系(12)の光学特性を測定する装置(10)は、放射源(16)が発生させた電磁放射線(18)を結像系の物体平面(22)へ指向させるよう構成された照明系(20)と、有効ビーム経路(45)に沿って進んだ後の放射線を取り込むよう構成された、光学特性を測定する有効検出器(42)であり、上記有効ビーム経路は、放射源から結像系を経て有効検出器まで延びる有効検出器(42)と、有効ビーム経路に配置されてセンサ放射線(48)を有効ビーム経路から取り出すよう構成され、その結果として、取り出されたセンサ放射線が有効ビーム経路とは異なるセンサビーム経路(49)に沿って延びるようにする出力結合デバイス(46)と、センサビーム経路に配置されて光学結像系の物体平面(22)内の少なくとも1つの点における角度分解強度分布を記録する強度センサ(50)であり、上記強度分布は、物体平面に対する入射角に応じて電磁放射線の強度を再現する強度センサ(50)とを備える。

Fig. 1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

光学結像系（12）の光学特性を測定する装置（10）であって、
放射源（16）が発生させた電磁放射線（18）を前記結像系の物体平面（22）へ指向させるよう構成された照明系（20）と、
有効ビーム経路（45）に沿って進んだ後の前記電磁放射線を取り込むよう構成された、前記光学特性を測定する有効検出器（42）であり、前記有効ビーム経路（45）は、前記放射源から前記結像系を経て前記有効検出器まで延びる有効検出器（42）と、
前記有効ビーム経路に配置されてセンサ放射線（48）を前記有効ビーム経路から取り出すよう構成され、その結果として、取り出された前記センサ放射線が前記有効ビーム経路とは異なるセンサビーム経路（49）に沿って延びるようにする出力結合デバイス（46）と、
前記センサビーム経路に配置されて前記光学結像系の前記物体平面（22）内の少なくとも1つの点における角度分解強度分布を記録する強度センサ（50）であり、前記強度分布は、前記物体平面に対する入射角に応じて前記電磁放射線の強度を再現する強度センサ（50）と
を備えた装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 に記載の装置において、
前記出力結合デバイス（46）は、前記有効ビーム経路（45）のうち前記結像系（12）の上流に位置付けられた領域内に配置される装置。

20

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 に記載の装置において、
前記出力結合デバイス（46）は、前記照明系（20）に配置される装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記出力結合デバイス（46）は、少なくとも部分的に反射型の素子（30）を有する装置。

【請求項 5】

請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記物体平面に配置されたテストマスク（24）をさらに有し、前記出力結合デバイス（46）は、テストマスクの一部である装置。

30

【請求項 6】

請求項 1 ~ 5 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記照明系（20）は、前記物体平面（22）に前記電磁放射線（18）を斜めに照射するよう構成される装置。

【請求項 7】

請求項 1 ~ 6 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記出力結合デバイス（46）は、前記有効ビーム経路（45）に沿って進む前記電磁放射線（18）の一部から波長の変更によって前記センサ放射線（48）を発生させるよう構成された放射線変換素子（31）を備える装置。

40

【請求項 8】

請求項 1 ~ 7 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記出力結合デバイス（46）は、前記光学結像系の作動波長とは異なる波長を有する放射線を前記有効ビーム経路（45）の前記電磁放射線（18）からセンサ放射線（48）として取り出すよう構成される装置。

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項に記載の装置において、前記出力デバイス（46）は、+ / - 4 次の回折又は絶対値に関してより大きな次数の回折によって前記センサ放射線（48）を前記有効ビーム経路（45）から取り出すよう構成される装置。

50

- 【請求項 10】
請求項 1～9 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記出力結合デバイス(46)は、回折格子(123)を備える装置。
- 【請求項 11】
請求項 1～10 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記出力結合デバイス(46)は、第 1 波長を有する前記電磁放射線(18)の放射線成分(47)から前記有効検出器(42)でインターフェログラムを生成すると共に、第 2 波長を有する前記電磁放射線の放射線成分(48)を 0 次の回折以外の回折次数で前記強度センサ(50)へ指向させるよう構成された解析格子(38)を備える装置。
- 【請求項 12】 10
請求項 1～11 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記有効検出器(42)及び前記強度センサ(50)は、一体型検出器(80)に組み込まれる装置。
- 【請求項 13】
請求項 1～12 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記照明系(20)が発した前記放射線(18)が時限放射線パケットとして前記物体平面(22)に入射するように前記放射線を周期的に遮断するよう構成された装置。
- 【請求項 14】
請求項 1～13 のいずれか 1 項に記載の装置において、
EUV 波長域の作動波長用に設計された装置。 20
- 【請求項 15】
請求項 1～14 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記強度センサ(50)によって記録された角度分解強度分布に基づいて、前記有効検出器(42)によって測定された前記光学結像系の光学特性の補正を実行するよう構成された評価デバイス(66)をさらに有する装置。
- 【請求項 16】
請求項 1～15 のいずれか 1 項に記載の装置において、
該装置(10)によって測定可能な前記光学特性は、前記光学結像系(12)の波面収差挙動を含む装置。
- 【請求項 17】 30
請求項 1～14 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記有効検出器(42)の計測結果及び前記強度センサ(50)によって記録された角度分解強度分布を評価することによって、前記光学結像系(12)の瞳分解透過挙動を測定するよう構成された評価デバイス(66)をさらに有する装置。
- 【請求項 18】
請求項 1～17 のいずれか 1 項に記載の装置において、
前記強度センサ(50)は、前記光学結像系(12)の前記物体平面における強度分布を空間分解的に記録するようさらに構成される装置。
- 【請求項 19】
請求項 1～18 のいずれか 1 項に記載の装置(10)を組み込んだマイクロリソグラフィ投影露光装置。 40
- 【請求項 20】
光学系(12)の光学特性を測定する方法であって、
電磁放射線(18)を前記結像系(12)の物体平面(22)へ指向させるステップと、
前記電磁放射線の放射源(16)から前記結像系を経て有効検出器(42)まで延びる有効ビーム経路(45)に沿って進んだ後の前記放射線から前記有効検出器で前記光学特性を測定するステップと、
センサ放射線を前記有効ビーム経路(45)から取り出し、その結果として、取り出された前記センサ放射線が前記有効ビーム経路とは異なるセンサビーム経路(49)に沿っ 50

て延びるようにするステップと、

前記光学結像系の前記物体平面(22)内の少なくとも1つの点における角度分解強度分布を、前記センサビーム経路(49)に配置された強度センサ(50)によって記録し、前記強度分布は、前記物体平面に対する入射角に応じて前記電磁放射線の強度を再現するステップと

を含む方法。

【請求項21】

請求項20に記載の方法において、

前記光学特性を測定する際に、前記強度センサ(50)によって記録された角度分解強度分布に基づいて前記有効検出器(42)によって実行された計測の補正を実行する方法

10

【請求項22】

請求項20又は21に記載の方法において、

前記光学結像系(12)の瞳分解透過挙動を、前記有効検出器(42)の計測結果及び前記強度センサ(50)によって記録された角度分解強度分布を評価することによって前記光学特性として測定する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光学結像系の特性を測定する装置及び方法と、かかる装置を有するマイクロリソグラフィ投影露光装置とに関する。

20

【0002】

本願は、2013年9月20日付けで出願された独国特許出願第10 2013 21 8 991.5号の優先権を主張する。この特許出願の全開示を参照により本願に援用する。

【背景技術】

【0003】

本発明の1つの重要な応用分野は、半導体ウェーハパターニングのためのマイクロリソグラフィにおける高分解能投影レンズの収差を高精度で測定することができるようにするための、投影レンズの波面計測である。当業者には既知であるように、例えばラテラルシ

30

【0004】

アリング干渉法の一実施形態では、いわゆるコヒーレンスマスクが検査対象の光学系の物体平面に配置される。その上に対象パターンが配置される。回折格子として設計された参照パターンが、結像系の像平面に位置付けられる。回折格子での回折により生じた波の重ね合わせにより、インターフェログラムの形態の重ね合わせパターンが生成され、適当な検出器を用いてこれを取り込まれる。シアリング干渉計のコヒーレンスマスク及び回折格子の可能な実施形態は、例えば特許文献1に明記されている。

40

【0005】

しかしながら、従来のシアリング干渉法を用いて実行される波面計測の再現性及び絶対精度は、特にEUV放射線用に設計された光学系の場合に不十分であることが多い。

【0006】

本発明の別の応用分野は、「アポダイゼーション」とも称するマイクロリソグラフィにおける高分解能投影レンズの瞳分解透過挙動の測定である。ここで、投影レンズの像平面の下に配置された空間分解検出器を用いて、強度分布が記録される。従来の方法を用いて実行される計測の精度は、ここでも不十分であることが多い。

【先行技術文献】

【特許文献】

50

【 0 0 0 7 】

【特許文献 1】独国特許第 1 0 2 0 0 5 0 4 1 3 7 3 号明細書

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 8 】

本発明の目的は、上述の問題に対処でき、特に波面収差挙動又は瞳分解透過挙動等の光学系の光学特性を高精度で測定することができる装置及び方法を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 0 9 】

本発明による目的は、光学結像系、特にマイクロリソグラフィ投影露光装置のレンズの光学特性を測定する装置を用いて達成することができ、かかる装置は以下のように構成される。本発明による装置は、放射源が発生させた電磁放射線を結像系の物体平面へ指向させ、特にこれを物体平面に集束させるよう構成された照明系と、光学特性を測定する有効検出器とを備える。有効検出器は、有効ビーム経路に沿って進んだ後の電磁放射線を取り込むよう構成される。有効ビーム経路は、ここでは放射源から結像系を経て有効検出器まで延びる。本発明による装置は、有効ビーム経路に配置されてセンサ放射線を有効ビーム経路から取り出すよう構成され、その結果として、取り出されたセンサ放射線が有効ビーム経路とは異なるセンサビーム経路に沿って延びるようにする出力結合デバイスをさらに備える。本発明による装置は、センサビーム経路に配置されて光学結像系の物体平面内の少なくとも 1 つの点における角度分解強度分布を記録する強度センサをさらに備え、この強度分布は、物体平面に対する入射角に応じて電磁放射線の強度を再現する。

10

20

【 0 0 1 0 】

センサ放射線は、本発明による出力結合デバイスに基づいて有効ビーム経路から取り出すことができ、その結果として、入射角分解強度分布が全角度範囲にわたって、すなわち瞳全体にわたって高分解能で測定される。これは、物体平面内の種々の点に関して行うことができ、有効ビーム経路から取り込まれた任意の所望の視野点が、ここで入射角分解強度分布に関して計測される。換言すれば、計測可能な角度範囲に関して計測可能な視野領域に関して制限がない。

【 0 0 1 1 】

シアリング干渉法等の干渉法を用いた光学結像系の波面収差挙動の測定に本装置を用いる場合、本発明による強度センサによって確認された角度分解強度分布に基づいて、記録されたインターフェログラムを高精度で計算的に補正することが可能である。この補正は、光学結像系の波面収差挙動を高い精度及び再現性で測定することを可能にする。

30

【 0 0 1 2 】

光学結像系の瞳分解透過挙動の測定に本発明を用いる場合、本発明による強度センサによって確認された角度分解強度分布が、照明系の影響を有効検出器によって実行された計測から高精度で差し引くことを可能にする。概して、物体平面における角度分解強度分布は、従来のアポダイゼーション計測で既知であると考えられるが、本発明による装置は、アポダイゼーション計測の実際の強度分布を考慮に入れることを可能にする。これは、特に、強度センサによって計測された強度分布を有効センサによって計測された強度分布から差し引くことによって行うことができる。

40

【 0 0 1 3 】

一実施形態によれば、強度センサは、光学系の物体平面にある入射角依存強度分布を直接記録することができるように、センサビーム経路に配置され、そのようにできるのは、例えば、強度センサが照明系の瞳平面の領域又はそれと共役な平面に配置される場合である。強度センサが、入射角依存強度分布の直接記録に適した平面に配置されない場合、強度センサに、レイトレーシングを用いて計測された強度値から物体平面における入射角依存強度分布に逆算する計算ユニットを設けることができる。

【 0 0 1 4 】

本装置は、強度センサによって記録された入射角依存強度分布を考慮に入れて、電磁放

50

射線を取り込む際に有効検出器によって記録された信号から光学特性を確認するよう構成された評価デバイスをさらに備えることが好ましい。有効検出器によって記録された信号は、ここでは特に時間分解的に補正することができる。

【0015】

本発明による装置のさらに別の実施形態によれば、出力結合デバイスは、有効ビーム経路のうち結像系の上流に位置付けられた領域内に配置される。換言すれば、出力結合デバイスは、有効ビーム経路のうち有効ビーム経路に沿って進む放射線に関して光学系の上流に位置付けられた場所に配置される。

【0016】

本発明のさらに別の実施形態によれば、出力結合デバイスは、照明系に配置される。出力結合デバイスは、ここでは例えば、拡散板、スペクトルフィルタ、又はビームスプリッタとして構成することができる。

10

【0017】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、出力結合デバイスは、少なくとも部分的に反射型の素子を有する。少なくとも部分的に反射型の素子は、反射によって有効ビーム経路からセンサ放射線を取り出すのに役立ち、例えば部分透過性のEUV MoSi層系等のマスクメンブレン上の部分反射層によって形成することができる。少なくとも部分的に反射型の素子は、特に、0次の回折の反射によって有効放射線を通させると共に、0次の回折とは異なる回折次数の反射によってセンサ放射線を取り出す格子を有し得る。

【0018】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、本装置は、物体平面に配置されたテストマスクをさらに有し、出力結合デバイスはテストマスクの一部である。

20

【0019】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、照明系は、物体平面に電磁放射線を斜めに照射するよう構成される。これは、物体平面上の法線から特に3°よりも大きく、又は10°よりも大きくずれた入射方向を意味すると理解される。

【0020】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、出力結合デバイスは、有効ビーム経路に沿って進む電磁放射線の一部から波長の変更によってセンサ放射線を発生させるよう構成された放射線変換素子を備える。かかる放射線変換素子は、蛍光素子又はシンチレータとして設計することができる。蛍光素子は、例えば、蛍光に対して不透過性であるマスクメンブレン上に配置された蛍光層によって形成することができる。蛍光素子は、例えば、P43、すなわちテルビウムでドーブした酸硫化ガドリニウム($Gd_2O_2S:Tb$)、又はセリウムでドーブしたYAG、YAP、若しくは石英等のキャリア材料から形成することができる。反射で動作するテストマスクの場合、シンチレータ層を、EUV放射線を反射するキャッピング層とマスクキャリアとの間の中間層としてさらに配置することができる。これにより、EUV放射線に対して不透過性であるマスクキャリアを通過する放射線変換されたセンサ放射線を、テストマスクの下流に配置された強度センサを用いて記録できる。

30

【0021】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、出力結合デバイスは、光学結像系の作動波長とは異なる波長を有する放射線を有効ビーム経路の電磁放射線からセンサ放射線として取り出すよう構成される。換言すれば、取り出されたセンサ放射線は、光学結像系の作動波長とは異なる波長を有し、センサ放射線の波長は、特に光学結像系の作動波長の少なくとも2倍である。例として、光学結像系の作動波長は、EUV波長域内にあり、センサ放射線は、UV領域から可視領域を経て赤外領域までに及ぶ波長域内にある。例として、センサ放射線は、センサ放射線の波長に対して不透過性であるマスクメンブレンで少なくとも部分的に反射されるが、作動波長を有する放射線は、マスクメンブレンを通過する。

40

【0022】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、出力結合デバイスは、+/-4次の回折又

50

は絶対値に関してより大きな次数の回折によってセンサ放射線を有効ビーム経路から取り出すよう構成される。この目的で、例えば、+4次、-4次の回折、及び/又は絶対値に関してより大きな次数の、すなわち+5次、-5次、+6次、-6次、及び/又は+7次、-7次等の回折でテストマスクに形成された光をセンサ放射線として用いることが可能である。これらの回折次数は、光学結像系よりも大きな開口数を有し、したがって光学結像系によって概して遮られるので有効検出器に到達しない。上記回折光を取り込む強度センサは、テストマスクと光学結像系との間の領域に、又は結像系の光学素子のマウントに取り付けることができる。代替的に、出力結合デバイスは、有効ビーム経路に特に配置された拡散板も含むことができる。

【0023】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、出力結合デバイスは、回折格子を備える。かかる回折格子は、有効放射線を0次の回折で有効ビーム経路に沿って通過させると共に、0次の回折とは異なる回折次数のセンサ放射線を取り出すよう構成することができる。かかる回折格子は、例えば、照明系のスペクトルフィルタ上又はテストマスク上に配置することができる。回折格子は、例えば、小さな開口で透過動作するスペクトルフィルタ上で実施することができる。回折格子は、多層から形成されて反射率を層数によって調整できる部分的に透明なメンブレン格子として構成することができる。

【0024】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、出力結合デバイスは、第1波長を有する電磁放射線の放射線成分から有効検出器でインターフェログラムを生成すると共に、第2波長を有する電磁放射線の放射線成分を0次の回折以外の回折次数で強度センサへ指向させるよう構成された解析格子を備える。0次の回折以外の回折次数が意味すると理解されるのは、+/-1次若しくは+/-2次の回折次数又は絶対値に関してより大きな回折次数である。第1波長を有する放射線から形成されたインターフェログラムは、0次の回折とは異なる他の回折次数で第2波長を有する放射線から空間的に分離される。特に、出力結合デバイスは、結像系において有効ビーム経路のうち下流に位置付けられた領域に配置される。放射源が発生させた電磁放射線は、第1波長及び第2波長を有する放射線成分を含み、第1波長は、光学結像系の作動波長に相当し、例えばEUV波長とすることができ、第2波長は、例えばUV領域、可視領域、又は赤外領域とすることができる。

【0025】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、有効検出器及び強度センサは、一体型検出器に統合される。有効検出器は、有効ビーム経路に沿って進んだ後の電磁放射線を取り込む領域及びセンサ放射線を取り込む領域といった種々の取り込み領域を有する。

【0026】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、本装置は、照明系が発した放射線を時限放射線パケットとして物体平面に入射するように周期的に遮断するよう構成される。放射線パケットは、最短時間長が50ms、特に最大長が5秒である。周期的遮断は、閉鎖要素を電磁放射線のビーム経路に出入りさせることによって行うことができる。代替的に、周期的遮断は、電磁放射線が発生させる放射源をトリガすることによって行うことができる。放射線パケットのそれぞれを用いて、検出器でインターフェログラムが生成され、個々の放射線パケットの各放射エネルギーが、強度センサを用いて角度分解的に計測され、対応する放射線パケットによって生成されたインターフェログラムは、それぞれ計測された角度分解放射エネルギー分布に関連付けられ、インターフェログラムは、個々のインターフェログラムに関連する放射エネルギー分布を用いて操作され、操作されたインターフェログラムから、光学系との相互作用後の電磁放射線の波面が確認される。

【0027】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、本装置は、EUV波長域の作動波長用に設計される。換言すれば、有効ビーム経路に沿って進む有効放射線は、EUV放射線である。

【0028】

10

20

30

40

50

本発明によるさらに別の実施形態によれば、本装置は、強度センサによって記録された角度分解強度分布に基づいて、有効検出器によって測定された光学結像系の光学特性の補正を実行するよう構成された評価デバイスをさらに有する。換言すれば、評価デバイスは、強度センサによって記録された角度分解強度分布に基づいて、有効検出器によって実行された計測を補正すると共に、それによって高精度で光学特性の計測結果を生成するよう構成される。

【0029】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、本装置によって測定可能な光学特性は、光学結像系の波面収差挙動を含む。この目的で、本装置は、波面計測デバイス、特にシアリング干渉計を備える。評価デバイスを用いて補正可能な光学特性は、光学結像系の波面収差挙動を特に含む。

10

【0030】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、本装置によって測定される光学特性は、光学結像系の瞳分解透過挙動を含む。すでに上述したように、瞳分解透過挙動は、当該技術分野では「アポダイゼーション」とも称する。しかしながら、ここで留意すべきなのは、この場合の用語「アポダイゼーション」が、この点について多くの教本に明記されていると共にエアリーディスクの外側の環が抑えられて分解能を犠牲にして像のコントラストを改善する、光学フィルタリング法を指すのではないことである。そうではなく、本願における用語「アポダイゼーション」は、光学結像系の瞳分解透過挙動、特に瞳の中央を通る光線（中心光線）の透過挙動と瞳の縁を通る光線（周縁光線）の透過挙動との比を意味すると理解される。

20

【0031】

特に、本装置は、有効検出器の計測結果及び強度センサによって記録された角度分解強度分布を評価することによって、光学結像系の瞳分解透過挙動を測定するよう構成された評価デバイスをさらに有する。換言すれば、測定される光学系の光学特性は、瞳分解透過挙動であり、強度センサが提供する角度分解強度分布は、有効検出器の計測結果に対する照明系の影響を高精度で差し引くことを可能にする。物体平面における角度分解強度分布の明示的計測により、瞳分解強度分布は、例えば物体平面における強度分布の推定を考慮に入れて、有効検出器の計測のみに基づいて可能となるよりも高い精度で測定することができる。

30

【0032】

さらに別の実施形態によれば、評価デバイスは、有効検出器によって測定された光学結像系の光学特性の、特に波面収差挙動の補正を、強度センサによって記録された角度分解強度分布に基づいて実行するよう構成され、且つ有効検出器の計測結果及び強度センサによって記録された角度分解強度分布を評価することによって、光学結像系の瞳分解透過挙動を測定するようにも構成される。

【0033】

一実施形態によれば、テストマスクのメンブレンに対する放射源の相対移動が、検出系によって計測され、アポダイゼーション計測の評価時に考慮に入れられる。

【0034】

さらに別の実施形態によれば、強度センサは、集束素子と、集束素子の下流にカメラとも称する2次元分解強度検出器とを含む。代替的に、強度センサは、集束素子なしで設計することもできる。

40

【0035】

一変形実施形態によれば、集束素子と強度検出器との間の焦点面に絞りが配置される。絞りは、テストマスクのメンブレンに起因して生じる放射源の角度分布のフィルタリングを模倣する。代替的に、メンブレンに起因したフィルタリングは、計算によって行うこともできる。

【0036】

本発明によるさらに別の実施形態によれば、強度センサは、光学結像系の物体平面にお

50

ける強度分布を空間分解的に記録するようさらに構成される。換言すれば、入射角依存強度分布に加えて、放射源のスポット形態が物体平面の少なくとも1つの場所で記録される。この目的で、強度センサは、入射角依存強度分布を測定するためと、空間分解強度分布を測定するためとの、2つの別個の計測モジュールを有することができる。代替的に、強度センサは、1つの計測機器に両方の計測機能を組み合わせるよう構成することもでき、計測機器は、例えば集束素子とカメラとの間の距離の変更等によって計測機能間を切り替えることができる。

【0037】

本発明によれば、上述の実施形態の1つにおける光学特性を測定する装置を組み込んだマイクロリソグラフィ投影露光装置がさらに提供される。

10

【0038】

本発明によれば、光学結像系の光学特性を測定する方法であって、電磁放射線を結像系の物体平面へ指向させる、特に集束させるステップと、有効ビーム経路に沿って進んだ後の電磁放射線から有効検出器で光学特性を測定するステップとを含む方法がさらに提供される。ここで、有効ビーム経路は、放射線の放射源から結像系を経て有効検出器まで延びる。本発明による方法によれば、センサ放射線を有効ビーム経路からさらに取り出し、その結果として、取り出されたセンサ放射線は、有効ビーム経路とは異なるセンサビーム経路に沿って延び、光学結像系の物体平面内の少なくとも1つの点における角度分解強度分布を、センサビーム経路に配置された強度センサによって記録し、この強度分布は、物体平面に対する入射角に応じて電磁放射線の強度を再現する。

20

【0039】

一実施形態によれば、光学特性を測定する際に、計測の補正を有効検出器によって実行し、この補正は、強度センサによって記録された角度分解強度分布に基づいて行う。特に、有効検出器によって行われる計測は、光学結像系の波面収差挙動を含む。

【0040】

さらに別の実施形態によれば、光学結像系の瞳分解透過挙動を、有効検出器の計測結果及び強度センサによって記録された角度分解強度分布を評価することによって光学特性として測定する。

【0041】

上述した本発明による装置の実施形態、例示的な実施形態、及び変形実施形態等に関して明記した特徴は、本発明による方法に適宜移し替えることができる。本発明による実施形態のこれら及び他の特徴は、図面の説明及び特許請求の範囲で説明される。個々の特徴は、本発明の実施形態として別個に又は組み合わせて実施することができる。さらに、これらの特徴は、独立して保護可能である有利な実施形態を説明することができ、その保護は、適切な場合は本願の係属中又は係属後にのみ要求される。

30

【0042】

本発明の上記及びさらに他の有利な特徴を、添付の概略図面を参照して本発明による例示的な実施形態の以下の詳細な説明において説明する。

【図面の簡単な説明】

【0043】

40

【図1】テストマスク及び強度センサを有する、光学系の光学特性を測定する本発明による装置の例示的な第1実施形態の概略断面図を示す。

【図2】第1実施形態におけるテストマスクの断面図を示す。

【図3】第2実施形態におけるテストマスクの断面図を示す。

【図4】第3実施形態におけるテストマスクの断面図を示す。

【図5a】第1実施形態における強度センサの断面図を示す。

【図5b】第2実施形態における強度センサの断面図を示す。

【図5c】第3実施形態における強度センサの断面図を示す。

【図6a】第1実施形態におけるさらに別の強度センサの断面図を示す。

【図6b】第2実施形態におけるさらに別の強度センサの断面図を示す。

50

【図 7】本発明による装置の第 2 実施形態の断面図を示す。

【図 8】本発明による装置の第 3 実施形態の断面図を示す。

【図 9】本発明による装置の第 4 実施形態の断面図を示す。

【図 10】本発明による装置の第 5 実施形態の断面図を示す。

【図 11】投影光学系と、これに組み込まれた投影光学系の光学特性を測定する本発明による装置とを有する、本発明によるマイクロリソグラフィ投影露光装置の例示的な実施形態の概略断面図を示す。

【図 12】強度センサを組み込んだ図 11 に示す投影露光装置の放射源の一実施形態の概略断面図を示す。

【図 13】強度センサを組み込んだ図 11 に示す投影露光装置の放射源のさらに別の実施形態の断面図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0044】

以下に記載する例示的な実施形態又は実施形態又は変形実施形態において、相互に機能的又は構造的に同様の要素には、できる限り同一又は同様の参照符号を設ける。したがって、特定の例示的な実施形態の個々の要素の特徴を理解するためには、他の例示的な実施形態の説明又は本発明の概要を参照されたい。

【0045】

説明を容易にするために、図中に直交 $x y z$ 座標系を示し、この座標系から図示のコンポーネントの各位置関係が明らかとなる。図 1 において、 y 方向は図平面に対して垂直に延び、 x 方向は右側に延び、 z 方向は上方に延びる。

【0046】

図 1 は、マイクロリソグラフィ投影露光装置の投影光学系の形態の光学結像系 12 の光学特性を測定する本発明による装置 10 の第 1 実施形態を示す。本例示的な実施形態では、計測対象の光学系は E U V 放射線、すなわち 100 nm 未満の、例えば 13.5 nm ~ 6.8 nm の波長を有する極紫外線用に設計されている。光学結像系 12 は、この目的で、ミラーの形態の単に反射型の光学素子を備える。光学結像系 12 の光軸 13 に加えて、図 1 は、光学結像系 12 の瞳 36 を画定する開口絞り 36 も示す。本発明による装置 10 で測定される光学特性は、特に光学結像系 12 の波面収差挙動又は光学結像系の瞳分解透過挙動であり得る。

【0047】

本明細書の概要部分ですでに説明したように、瞳分解透過挙動は、当該技術分野では「アポダイゼーション」とも称する。しかしながら、ここで留意すべきなのは、この場合の用語「アポダイゼーション」が、この点について多くの教本に明記されていると共にエアリーディスクの外側の環が抑えられて分解能を犠牲にして像のコントラストを改善する、光学フィルタリング法を指すのではないことである。そうではなく、本願において上述した用語「アポダイゼーション」は、光学結像系の瞳分解透過挙動、特に瞳 36 の中央を通る光線（中心光線）の透過挙動と瞳 36 の縁を通る光線（周縁光線）の透過挙動との比を意味すると理解される。

【0048】

図 1 に示し以下でより詳細に説明する装置 10 の構成は、具体的には、有効ビーム経路 45 に沿って進む放射線から光学結像系 12 の波面収差挙動を測定するよう構成される。瞳分解透過挙動の測定は、図 1 に示す装置をごくわずかに変更する必要があり、これは波面収差挙動の計測に関する説明の後に説明する。

【0049】

装置 10 は、放射源 16 及び照明系 20 を有する照射機構を備える。図示の実施形態によれば、放射源 16 は、E U V 放射線の形態の電磁放射線 18 を発生させるよう設計されたプラズマ源を含む。電磁放射線 18 は、放射源 16 によって約 1 パルス/ミリ秒の繰返し率にてパルス形態で発生させる。各パルス持続時間は、ここでは数ナノ秒である。

【0050】

10

20

30

40

50

装置 10 は、光クロージャ又は「シャッタ」としても知られるものの形態のビーム遮断デバイス 60 をさらに備える。図 1 に示す実施形態では、ビーム遮断デバイス 60 は、放射源 16 と、図示の例示的な実施形態ではミラーとして設けられる照明系 20 との間に配置される。異なる例示的な実施形態では、照明系 20 は、より複雑な光学機構を含むこともできる。代替的に、ビーム遮断デバイス 60 は、電磁放射線 18 のビーム経路に沿った異なる場所に配置することもできる。ビーム遮断デバイス 60 は、閉鎖要素 62 と、閉鎖要素 62 を変位方向 63 に沿って前後に移動させることができる変位デバイス 64 とを備える。閉鎖要素 62 は、ここでは電磁放射線 18 のビーム経路に出入りする。結果として、電磁放射線 18 を、有効ビーム経路 45 に沿って進んだ後に遮断することができ、その結果として電磁放射線 18 は、時限放射線パケットとして装置 10 の有効検出器 42 に入射する。有効ビーム経路 45 は、放射源 16 から照明系 20 及び光学結像系 12 を通して有効検出器 42 まで延びる。

10

20

30

40

50

【0051】

装置 10 の動作中、ビーム遮断デバイス 60 を作動させて、得られる放射線パケットの最大時間長が 4 秒、特に時間長が 100 ms ~ 500 ms であるようにする。電磁放射線 18 は、照明系 18 を用いて、光学結像系 12 の物体平面 22 に配置されたシアリング干渉計のコヒーレンスマスクの形態のテストマスク 24 へ指向される。図 1 に示す場合では、電磁放射線をテストマスク 24 に集束させる。電磁放射線 18 の入射方向は、ここではテストマスク 24 に対して斜め、すなわちテストマスク 24 に対する法線からずれた入射方向である。種々の変形実施形態によれば、ずれは少なくとも 3° 又は少なくとも 10° である。シアリング干渉計は、テストマスク 24、解析格子 38、及び有効検出器 42 を備える。

【0052】

テストマスク 24 は、例えば 2 次元チェス盤パターンの形態のテスト構造が配置されたテスト構造領域 26 を有する。図 1 に示す実施形態では、テストマスク 24 は透過マスクの形態である。代替的に、テストマスク 24 は反射マスクの形態であってもよく、この場合、装置 10 の構成、特に照射機構 14 の構成を適宜適合させなければならない。

【0053】

テストマスク 24 は、センサ放射線 48 をテストマスク 24 に入射する電磁放射線 18 から逸らす出力結合デバイス 46 をテスト構造領域に有する。図示の実施形態における出力結合デバイス 46 を用いた取出しは、センサ放射線 48 が入射放射線 18 の入射方向に対する反射角度でテストマスク 24 によって再度発せられるよう実行される。図 2 ~ 図 4 は、上記取出し機能を実施するテストマスク 24 の種々の変形実施形態を示す。

【0054】

図 2 に示す変形実施形態によれば、テストマスク 24 は、テスト構造領域 26 の領域を薄くしてメンブレン 32 にしたマスク基板 28 を含む。上述のテスト構造は、メンブレン 32 に導入される。メンブレン 32 は、第 1 スペクトル領域の入射電磁放射線 18、例えば EUV 放射線に関して透過性である一方で、第 2 スペクトル領域の入射放射線 18 に関しては部分反射効果を有するよう構成される。第 2 スペクトル領域の放射線は、例えば 100 nm を超える波長を有する光、特に可視光であり得る。図 2 に示すメンブレン 32 は、この場合、放射線 18 から第 2 スペクトル領域の放射線をセンサ放射線 48 として反射することによって出力結合デバイス 46 を形成する。放射線 18 のうち第 1 スペクトル領域の部分は、メンブレン 32 を主に通過し、有効放射線 47 として有効ビーム経路 45 に沿って続く。図 2 に示すテストマスクを用いる場合、照明系 20 の構成中に、照明系 20 が第 2 スペクトル領域の放射線の成分に関して十分に高い透過率を有することに注意すべきである。

【0055】

図 3 に示すテストマスク 24 の変形実施形態は、前述した第 1 スペクトル領域の放射線、特に EUV 放射線を部分的に反射する部分反射層構成 30 が入射放射線 18 に面した上側に設けられる点のみが、図 2 に示すテストマスク 24 とは異なる。この場合の部分反射

層構成 30 は、出力結合デバイス 46 を形成し、例えば M o S i 層系を含むことができる。この場合、反射されたセンサ放射線 48 の波長は、通過する有効放射線 47 の波長と実質的に同じ領域にある。

【0056】

図 4 に示すテストマスク 24 の変形実施形態は、部分反射層構成 30 ではなく蛍光層の形態の放射線変換層 31 を備える点のみが、図 3 によるテストマスク 24 とは異なる。放射線変換層 31 は、メンブレン 32 が実質的に透過させる第 1 スペクトル領域の入射放射線 18 の一部の波長を、放射線がメンブレン 32 で反射される波長に変換するよう構成される。蛍光波長とも称するこの波長は、例えば、前述した第 2 スペクトル領域にあり得る。したがって、この場合のセンサ放射線 48 は、メンブレン 32 で反射した蛍光放射線によって形成される。蛍光層は、例えば、P 43、すなわちテルビウムでドーブした酸硫化ガドリニウム ($Gd_2O_2S:Tb$)、又はセリウムでドーブした YAG、YAP、若しくは石英等のキャリア材料から形成することができる。

10

【0057】

図 1 にさらに示すように、カメラの形態の強度センサ 50 が、センサ放射線 48 のセンサビーム経路 49 に配置される。強度センサ 50 は、光学結像系の物体平面 22 内の少なくとも 1 つの点にある、特にテストマスク 24 のテスト構造領域 26 における少なくとも 1 つの点にある角度分解強度分布を記録するように、センサビーム経路 49 に配置される。角度分解強度分布は、物体平面 22 に対する入射角に応じて入射放射線 18 の強度を再現する。

20

【0058】

物体平面 22 における入射放射線 18 の角度分解強度分布は、照明系 20 の瞳平面における放射線 18 の強度分布に対応する。したがって、角度分解強度分布を記録する目的での強度センサ 50 の上述の配置に関して、強度センサ 50 を照明系 20 の瞳平面と共役な平面に配置する可能性がある。これは、角度分解強度分布を直接記録することを可能にする。角度分解強度分布を記録するための強度センサ 50 の配置に関する別の可能性として、計測された強度値がレイトレーシングによって入射角依存強度分布に逆算され得る平面に強度センサ 50 を配置する。

【0059】

図 5 a ~ 図 5 c は、強度センサ 50 の種々の変形実施形態を示す。図 5 a に示す変形実施形態は、図 1 に例として示す強度センサ 50 の構成に対応する。この実施形態では、強度センサ 50 は、集束レンズの形態の光学素子 52 と 2 次元分解検出器 54 とを備える。図 5 b に示す変形実施形態では、絞り 56 を用いてセンサ放射線 49 の角度分布のフィルタリングが行われ、これは、放射線 18 がテストマスク 24 のメンブレン 32 を通過する際に生じる放射線 18 の角度分布のフィルタリングに対応する。換言すれば、絞り 56 は、テストマスク 24 を通過した直後の放射線 18 の角度分布を確認することを可能にする。例えば図 5 a に示す変形実施形態のように、こうした絞りを用いない場合、角度分布に対するメンブレン 32 を通したフィルタリングの影響を計算的に考慮に入れることもできる。

30

【0060】

装置 10 が光学結像系 12 の瞳分解透過挙動を計測するよう設計された実施形態では、テストマスク 24 に対する照射機構 14 の相対移動を、検出系を用いて計測することができ、瞳分解透過挙動に対するその影響を適宜補正することができる。

40

【0061】

図 5 a 及び図 5 b に示す変形実施形態における強度センサは、例えば図 2 及び図 3 に示すテストマスク 24 の使用時に発生するような 100 nm を超える波長を有する放射線、特に可視光の形態のセンサ放射線 48 を検出するよう設計される。センサ放射線 48 が 100 nm 未満の波長、特に EUV 波長を有する場合、強度センサ 50 は、図 5 c に示す変形実施形態で具現することができる。この変形では、センサ放射線 48 は、2 次元分解検出器 54 に直接入射する。

50

【0062】

強度センサ50は、装置10において、テストマスク24のテスト構造領域26の全視野点に届くことが可能であるよう6自由度で移動可能な変位デバイス上に配置される。このようにして、各視野点に関連するセンサ放射線49の角度分布を強度センサ50の対応する位置決めによって記録することができる。

【0063】

強度センサ50に加えて、別の強度センサ51を装置10で用いることも可能である。強度センサ51は、物体平面22における入射放射線18のスポット分布又は空間分解度分布を計測するのに役立つ。図6a及び図6bは、このような強度センサ51の2つの変形実施形態を示し、これらは、センサ放射線48の波長に応じて、一方の場合はレンズの形態の集束光学素子52を有し、他方の場合はセンサ放射線を2次元分解検出器54に集束させる集束ミラー58を有する構成である。

10

【0064】

強度センサ50を用いて、図1に示す照射デバイス14からテストマスク24へ放射された放射線パケットの放射エネルギーを角度分解的に、したがって光学系12の瞳15に関して分解して測定することができる。上述の解析格子38は、光学結像系12の像平面40に配置されて変位デバイス41に取り付けられ、変位デバイス41により、解析格子32が図1の座標系によるxy平面で、したがって光軸13に対して横方向に変位可能である。

【0065】

解析格子38における回折によって発生した波を重ね合わせることによって、具体的にはテスト波を参照波に重ね合わせることによって、変更された有効放射線39が発生し、これが有効検出器32の検出器表面43上でインターフェログラム44の形態の重ね合わせパターンを形成する。

20

【0066】

装置10は、制御デバイス68をさらに備え、制御デバイス68により、後述するように、ビーム遮断デバイス60の変位デバイス64、解析格子38の変位デバイス41、及び有効検出器42を相互に同期して動作させることができる。制御デバイス68からの制御信号に基づいて、ビーム遮断デバイス60は、電磁放射線18が時限放射線パケットとして光学系12を通過するよう電磁放射線18を周期的に順次遮断する。

30

【0067】

放射線パケットの最大時間長は4秒である。一実施形態では、時間長は100ミリ秒～1000ミリ秒である。解析格子38は、個々の放射線パケット間で、変位デバイス41を用いて解析格子38の周期の数分の一だけ、例えば格子周期の1/16だけ変位させる。この場合、16個のいわゆる位相ステップが実行され、位相ステップ間で、解析格子38をいずれの場合も格子周期の数分の一だけ変位させる。位相ステップは、電磁放射線18が遮断されるたびに、すなわち閉鎖要素62が閉じられるたびに位相ステップが生じるような形態で連続した放射線パケットといずれの場合も同期される。有効検出器42は、単一の位相ステップ中に生成されたインターフェログラム44が放射線パケットの全露光時間にわたって有効検出器42によって記録又は積分されるよう制御デバイス68によって制御される。

40

【0068】

素子24、38、41、及び42を備えたシアリング干渉計の一実施形態では、テストマスク24のテスト構造領域26は2次元計測パターンを有し、解析格子38も同様に2次元構造である。この場合、解析格子38は、いずれの場合もn個のステップでx方向及びy方向の両方で位相シフトする。評価デバイス66を用いて、x方向及びy方向の位相シフトによって生成されたインターフェログラム44からのx方向及びy方向の波面の偏差が計算される。2つの偏差を積分することにより、光学結像系12を通過した後の有効放射線47の波面が計算される。

【0069】

50

光学結像系 12 の収差挙動は、こうして測定された波面から確認することができる。波面を計算するためにインターフェログラム 44 を評価する前に、インターフェログラム 44 は、最初に、個々の放射線パケットについて強度センサ 50 によって計測された瞳解放射エネルギーを用いて評価デバイス 66 において操作される。すでに述べたように、強度センサ 50 は、個々の位相ステップのそれぞれについて、関連する放射線パケットの各放射エネルギーを角度分解的且つ瞳分解的に計測する。計測された各瞳解放射エネルギーは、続いて対応する放射線パケットによって生成された各インターフェログラムと関連付けられる。

【0070】

インターフェログラム 44 の操作の第 1 実施形態では、検出器 42 によって取り込まれた個々のインターフェログラム 44 の各強度が、各インターフェログラム 39 と関連付けられた瞳解放射エネルギーに計算的に適合される。これは、例えば、個々のインターフェログラムが関連する各放射エネルギー分布によってさらに処理される前にこれらを分割することによって行われる。

10

【0071】

インターフェログラムの操作の別の実施形態では、強度センサ 50 を用いて測定された関連する瞳解放射エネルギー分布の 1 つ又は複数の値が固定の最大分布を超えるか又は固定の最小値分布に及ばない場合に、有効検出器 42 を用いて記録されたインターフェログラム 44 が廃棄される。廃棄されたインターフェログラム 44 の計測が続いて繰り返される。別の実施形態では、記録されたインターフェログラム 44 の評価において、数学的基準に基づいて、各インターフェログラム 44 を光学結像系 12 の光学特性の測定に用いるか、その代わりに廃棄するかが決定される。これは、完全な個別計測 (full individual measurement) にも関係し得る。特に、インターフェログラムから計算された波面の偏差又は偏差から計算された波面を削除することも可能である。

20

【0072】

上述のように解析格子 38 が n 個の異なる位相ステップにおいて格子周期の数分の一だけ変位することは、いわゆる「低速位相シフト (slow phase shifting)」とも称する。さらに、テストマスク 24 のテスト構造領域 26 及び解析格子 38 の両方が 2 次元構成を有するシアリング干渉計の実施形態では、いわゆる「高速位相シフト (fast phase shifting)」がさらに実行される。

30

【0073】

装置 10 が光学結像系 12 の瞳分解透過挙動の計測に用いるためのものである場合、例えばホールマスクのピンホールの形態の点型テスト構造の 2 次元配置を有するマスクがテストマスク 24 として用いられる。有効検出器 42 は、像平面 40 にある有効放射線 47 の角度分布が検出器表面 43 上で可視となるように、像平面 40 のはるかに下に配置される。この目的で、有効検出器 42 は、例えば、光学結像系 12 の瞳平面と共役な平面に配置することができる。解析格子 28 は、ここでは像平面 40 に残っていても除去されてもよい。

【0074】

評価デバイス 66 は、続いて強度センサ 50 によって記録された角度分解強度分布を有効検出器 42 によって記録された強度分布と比較し、偏差があればそれに基づいて、光学結像系 12 の瞳分解透過挙動を測定する。こうして、強度センサ 50 によって計測された強度分布に基づいて、有効検出器 42 によって計測された光学系全系のアボダイゼーションに対する光学結像系 12 の寄与を計測することが可能である。光学系全系は、この状況では照射機構 14 及び光学結像系 12 を含む。

40

【0075】

図 7 は、強度センサが照明系 20 に組み込まれた装置 10 のさらに別の実施形態を示す。照明系 20 は、この実施形態では照明モジュール 70 を備え、これは、原理上はその構成に関して米国出願第 2006/0109544 号明細書の図 8 から当業者には既知である。放射源 16 が発生させた電磁放射線 18 は、照明モジュール 70 を通って進む。実施

50

形態に応じて、電磁放射線 18 は、最初に照明モジュール 70 の上流に接続された別の照明モジュール 71 を通って進む。照明モジュール 70 は、波面形成散乱構造 74 を有する基板 72 と、回折集束構造を有する反射動作する多層構成の形態の集束素子 76 とを備える。集束素子 76 は、散乱構造 74 からの放射線 18 を同様に基板 72 に配置されたテスト構造領域 26 に集束させる。基板 72 は、散乱構造 74 及びテスト構造領域 26 に共通のキャリアとして働き、したがって同時に図 1 に示すテストマスク 24 を形成する。

【0076】

光学結像系 12、解析格子 38、及び有効検出器 42 は、図 1 に示す実施形態と同様に基板 72 のテスト構造領域 26 の下に配置される。センサ放射線 48 を取り出す出力結合デバイス 46 が、特に図 2 ~ 図 4 を参照して前述した変形形態と同様に基板 72 のテスト構造領域 26 に組み込まれる。反射角でテスト構造領域 26 が発したセンサ放射線 48 は、照明モジュール 70 の集束素子 76 で反射し、その下に配置された強度センサ 50 へ指向される。

10

【0077】

図 8 は、本発明による装置 10 のさらに別の実施形態を示す。これは、強度センサ 50 がテストマスク 24 より上に配置されるのではなく、解析格子 38 の下に配置された一体型検出器 80 に有効検出器 42 と共に組み込まれる限り、図 1 に示す実施形態とは異なる。有効放射線 47 は、第 1 スペクトル領域の放射線、特に E U V 放射線であり、図 1 を参照してすでに説明したように、対応する評価のために有効検出器 42 上でインターフェログラム 44 を生成する。照射機構 14 は、これが発した放射線 18 がより大きな波長を有する第 2 スペクトル領域の放射線、例えば 100 nm を超える波長を有する光、特に可視光も放射するようさらに構成され、この放射線は、続いてセンサ放射線 48 として用いられる。センサ放射線 48 の波長がより大きいことにより、上記センサ放射線 48 は、有効放射線 47 よりも強く解析格子 38 で回折する。

20

【0078】

照射機構 14 は、放射線 18 のビーム経路に配置された周波数フィルタ 78 をさらに備える。上記周波数フィルタは、例えば、ジルコニウムフィルタ又はメッシュグリッドを含み、明確な縁を有する瞳を検出器 80 上の強度センサ 50 として働く領域で検出できるようにセンサ放射線 48 の帯域幅を制限するよう構成される。センサ放射線 48 の瞳は、相互に空間的に分離されているので、インターフェログラムを形成しない。解析格子 38 で始まり且つ図 8 の断面図で有効放射線 47 に対して左側及び右側に示すセンサ放射線 48 の放射コーンは、例えば、解析格子 38 でのセンサ放射線 48 の + 1 次又は - 1 次の回折によって形成される。センサ放射線 48 の 0 次の回折は、検出器 80 のうち有効検出器 42 として働く領域に入射し、有効検出器信号の計測における一定の地盤 (underground) を形成する。センサ放射線 48 の瞳の時間分解強度分布を用いて、インターフェログラム 44 の強度を較正することができる。こうして、よりよい再現性を達成することが可能である。

30

【0079】

図 9 は、本発明による装置 10 のさらに別の実施形態を示す。これは、強度センサ 50 がテストマスク 24 より上に配置されるのではなく、下に、すなわち結像系 12 の側に配置される限り、図 1 に示す実施形態とは異なる。強度センサ 50 は、ここでは、より高次の回折からテスト構造領域 26 で発生した光を取り込むことができるよう配置される。したがって、より高次の回折から発生した光は、センサ放射線 48 として働く。このようにより高次の回折光は、+ / - 4 次の回折及び / 又は絶対値に関してより大きな次数の回折で発生した光を意味すると理解される。上記のより高次の回折は、光学結像系 12 よりも大きな開口を有し、したがって光学結像系 12 によって概して遮られるので有効検出器 42 に届かない。強度センサ 50 は、図 9 に示すように、テストマスク 24 と光学結像系 12 との間の領域に、又は結像系 12 の光学素子のマウントに配置することができる。結像系 12 の光学素子のマウントにおける強度センサ 50 のこのような配置は、マイクロソグラフィ投影露光装置への装置 10 の組み込みと共に、投影露光装置の動作中の露光エネ

40

50

ルギーの制御を可能にする。

【0080】

図10は、本発明による装置10のさらに別の実施形態を示す。これは、テストマスク24が透過の代わりに反射動作し、強度センサ50がテストマスク24のうち照射機構14からの放射線18を照射される側とは反対側に位置する側に配置される限り、図1に示す実施形態とは異なる。図10に示す実施形態におけるテストマスク24は、キャリア素子86と、テストマスク24のうち照射機構14及び光学結像系に面した表面を形成する多層構成82とを備える。多層構成82は、M o S i層系として設計することができ、E U V放射線の形態の入射放射線18を高効率で反射するよう構成される。多層構成82と入射放射線18に関して不透過性であるキャリア素子86の間には、多層構成82を通過する放射線18の一部をキャリア素子86が透過させる波長を有する放射線に変換するよう構成されたシンチレータ層84が配置される。この波長変換された放射線は、続いてセンサ放射線48としてキャリア素子86を通過し、強度センサ50によって記録される。

10

【0081】

図1に示す、又は別の上述の実施形態による装置10は、マイクロリソグラフィ投影光学系等の個々の光学結像系12を計測するために研究室で投影露光装置とは独立して用いることができるように構成される。代替的な実施形態では、装置10は、マイクロリソグラフィ投影露光装置に組み込まれる。

【0082】

図11は、図1に示す装置10に関してわずかに変更した実施形態における装置10を組み込んだ、E U V波長域で動作するマイクロリソグラフィ投影露光装置100の実施形態を示す。投影露光装置100は、ステップ又はスキャナとして設計され得る。図11に示す装置10は、コヒーレンスマスク24が透過マスクではなく反射マスクとして設計される点、及びビーム遮断デバイス60が照明系20の照明ミラーの上流ではなく照明系120の照明ミラーとテストマスク24との間に配置される点で、図1に示す装置10とは異なる。

20

【0083】

放射源116及び照明系120は、投影露光装置100の露光動作中に製品マスクを露光する投影露光装置104の照明機構114の一部である。投影露光装置100は、「レチクルステージ」とも称するマスクステージ125を備える。本発明による計測法の実施中、テストマスク24はマスクステージ125によって保持される。図11は、複数の反射光学素子113を備えた例示的な投影光学系12を示す。

30

【0084】

投影露光装置100は、基板ステージ144をさらに備え、これは、「ウェーハステージ」と称することもでき、その上に投影露光装置100の露光動作中に露光すべきウェーハが配置される。図示の実施形態では、有効検出器42は、基板ステージ144の周辺領域に組み込まれる。

【0085】

図12は、図11で説明したタイプの投影露光装置100の放射源116を示し、この放射源116は、例えば米国特許第8,102,511号明細書の図2から当業者には既知である。放射源116は、例えばプラズマ源の形態のビーム発生ユニット118と、放射線コレクタ121と、回折格子を組み込んだ反射動作するスペクトルフィルタ123とを備える。ビーム発生ユニット118での発生後、放射線18は、放射線コレクタ121を通過してからスペクトルフィルタ123の回折格子で反射される。この過程で0次の回折で反射される放射線は、その後、図12には示されていない照明系に使用放射線47として入る。本発明による一実施形態によれば、強度センサ50がスペクトルフィルタ123より上に配置されることで、スペクトルフィルタ123の回折格子で反射された放射線18の、0次の回折とは異なるより高次の回折が、センサ放射線48として強度センサ50によって記録される。

40

50

【 0 0 8 6 】

図 1 3 は、例えば米国出願第 2 0 1 2 / 0 1 8 2 5 3 7 号明細書の図 2 から当業者には既知である放射源 1 1 6 を示す。米国特許第 8 , 1 0 2 , 5 1 1 号明細書の図 2 によれば、これは、実質的にスペクトルフィルタ 1 2 3 が反射の代わりに透過動作する点で、図 1 0 に示す放射源 1 1 6 とは異なる。図 1 1 に示す本発明による実施形態によれば、強度センサ 5 0 は、スペクトルフィルタ 1 2 3 を通過してより高次の回折で発生したセンサ放射線 4 8 を強度センサ 5 0 によって取り込むのに適した位置に配置される。

【 符号の説明 】

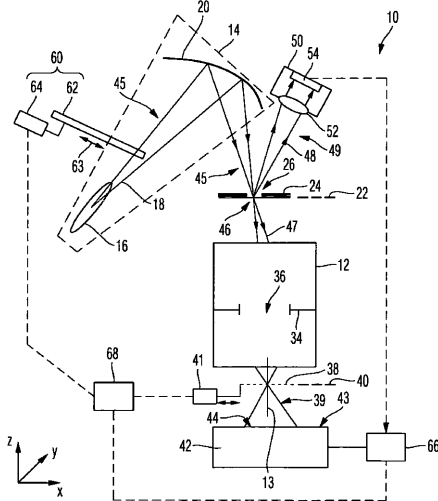
【 0 0 8 7 】

1 0	光学特性を測定する装置	10
1 2	光学結像系	
1 3	光軸	
1 4	照射機構	
1 6	放射源	
1 8	電磁放射線	
2 0	照明系	
2 2	物体平面	
2 4	テストマスク	
2 6	テスト構造領域	
2 8	マスク基板	20
3 0	部分反射層構成	
3 1	放射線変換層	
3 2	メンブレン	
3 4	開口絞り	
3 6	瞳	
3 8	解析格子	
3 9	変更された有効放射線	
4 0	像平面	
4 1	変位デバイス	
4 2	有効検出器	30
4 3	検出器表面	
4 4	インターフェログラム	
4 5	有効ビーム経路	
4 6	出力結合デバイス	
4 7	有効放射線	
4 8	センサ放射線	
4 9	センサビーム経路	
5 0	強度センサ	
5 1	さらに別の強度センサ	
5 2	光学素子	40
5 4	2次元分解検出器	
5 6	絞り	
5 8	集束ミラー	
6 0	ビーム遮断デバイス	
6 2	閉鎖要素	
6 3	変位方向	
6 4	変位デバイス	
6 6	評価デバイス	
6 8	制御デバイス	
7 0	照明モジュール	50

- 7 1 さらに別の照明モジュール
- 7 2 基板
- 7 4 散乱構造
- 7 6 集束素子
- 7 8 周波数フィルタ
- 8 0 一体型検出器
- 8 2 多層構成
- 8 4 シンチレータ層
- 8 6 キャリア素子
- 1 0 0 投影露光装置
- 1 1 3 反射光学素子
- 1 1 4 照射機構
- 1 1 6 放射源
- 1 1 8 放射線発生ユニット
- 1 2 0 照明系
- 1 2 1 放射線コレクタ
- 1 2 3 スペクトルフィルタ
- 1 2 5 マスクステージ
- 1 4 4 基板ステージ

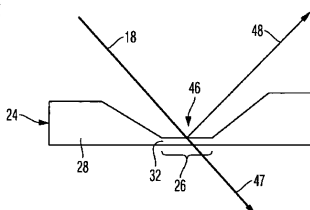
【 図 1 】

Fig. 1



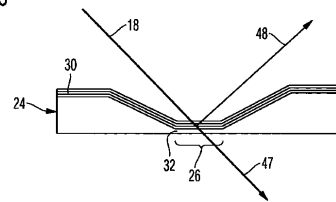
【 図 2 】

Fig. 2



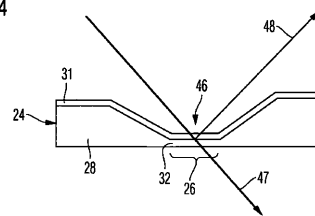
【 図 3 】

Fig. 3

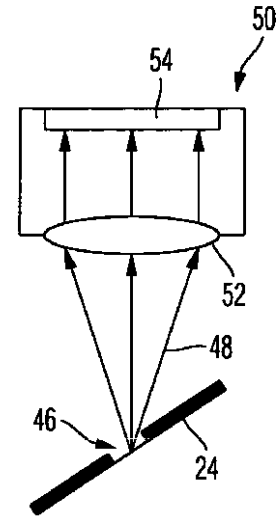


【 図 4 】

Fig. 4

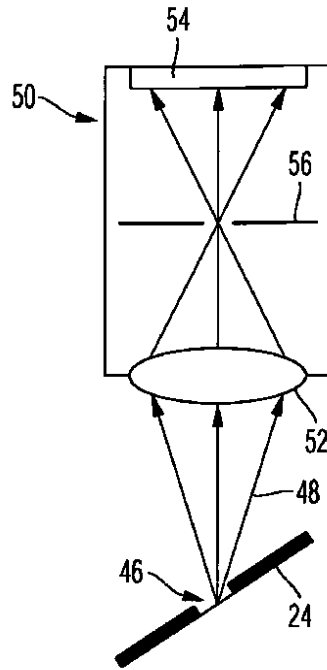


【 図 5 (a) 】



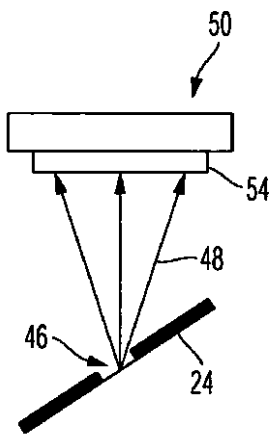
(a)

【 図 5 (b) 】



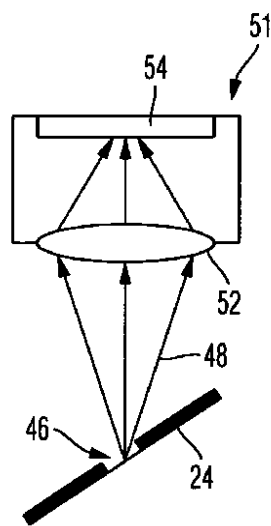
(b)

【 図 5 (c) 】



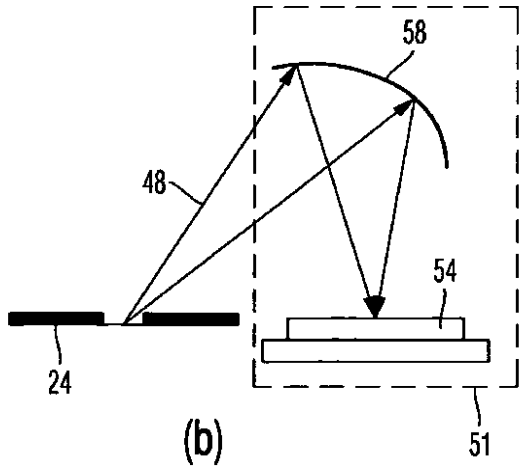
(c)

【 図 6 (a) 】



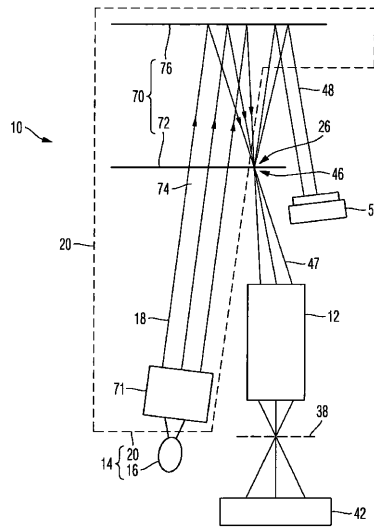
(a)

【 図 6 (b) 】



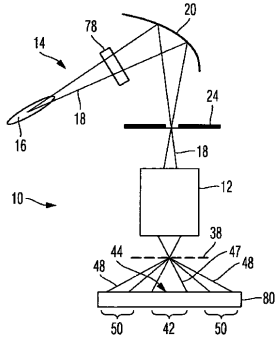
【 図 7 】

Fig. 7



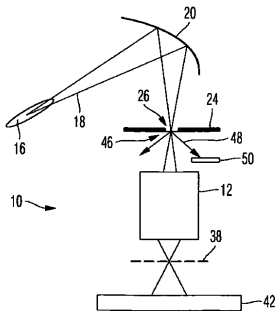
【 図 8 】

Fig. 8



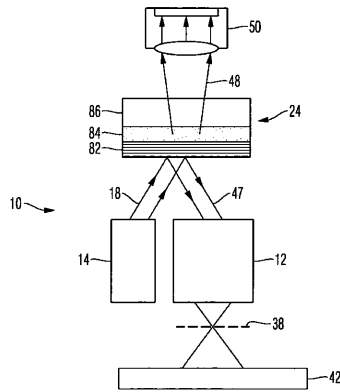
【 図 9 】

Fig. 9



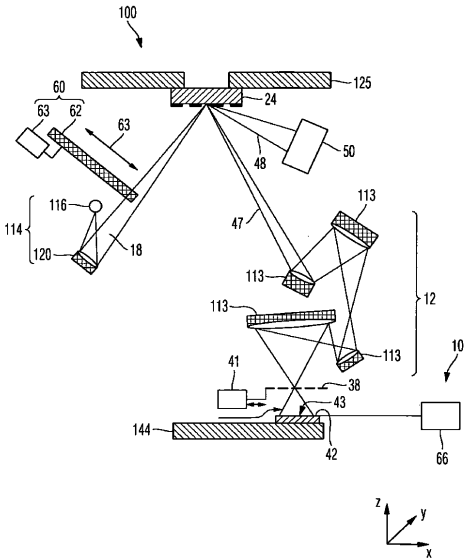
【 図 1 0 】

Fig. 10



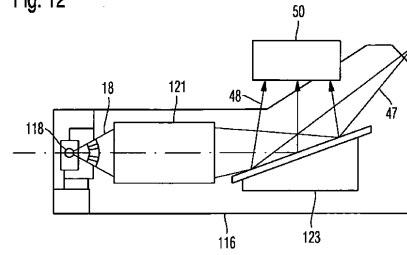
【 図 1 1 】

Fig. 11



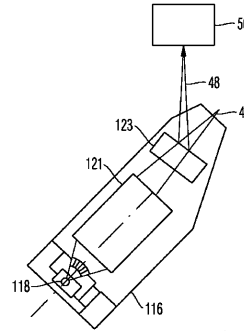
【 図 1 2 】

Fig. 12



【 図 1 3 】

Fig. 13



【 手続補正書 】

【 提出日 】 平成28年5月31日 (2016.5.31)

【 手続補正 1 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 5 1

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 5 1 】

装置 10 の動作中、ビーム遮断デバイス 60 を作動させて、得られる放射線パケットの最大時間長が 4 秒、特に時間長が 100 ms ~ 500 ms であるようにする。電磁放射線 18 は、照明系 20 を用いて、光学結像系 12 の物体平面 22 に配置されたシアリング干渉計のコヒーレンスマスクの形態のテストマスク 24 へ指向される。図 1 に示す場合は、電磁放射線をテストマスク 24 に集束させる。電磁放射線 18 の入射方向は、ここではテストマスク 24 に対して斜め、すなわちテストマスク 24 に対する法線からずれた入射方向である。種々の変形実施形態によれば、ずれは少なくとも 3 ° 又は少なくとも 10 ° である。シアリング干渉計は、テストマスク 24、解析格子 38、及び有効検出器 42 を備える。

【 手続補正 2 】

【 補正対象書類名 】 明細書

【 補正対象項目名 】 0 0 6 4

【 補正方法 】 変更

【 補正の内容 】

【 0 0 6 4 】

強度センサ 50 を用いて、図 1 に示す照射デバイス 14 からテストマスク 24 へ放射された放射線パケットの放射エネルギーを角度分解的に、したがって光学系 12 の瞳 15 に

関して分解して測定することができる。上述の解析格子 3 8 は、光学結像系 1 2 の像平面 4 0 に配置されて変位デバイス 4 1 に取り付けられ、変位デバイス 4 1 により、解析格子 3 8 が図 1 の座標系による x y 平面で、したがって光軸 1 3 に対して横方向に変位可能である。

【手続補正 3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 6 5

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 6 5】

解析格子 3 8 における回折によって発生した波を重ね合わせることによって、具体的にはテスト波を参照波に重ね合わせることによって、変更された有効放射線 3 9 が発生し、これが有効検出器 4 2 の検出器表面 4 3 上でインターフェログラム 4 4 の形態の重ね合わせパターンを形成する。

【手続補正 4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 7 0

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 7 0】

インターフェログラム 4 4 の操作の第 1 実施形態では、検出器 4 2 によって取り込まれた個々のインターフェログラム 4 4 の各強度が、各インターフェログラム 4 4 と関連付けられた瞳解放射エネルギーに計算的に適合される。これは、例えば、個々のインターフェログラムが関連する各放射エネルギー分布によってさらに処理される前にこれらを分割することによって行われる。

【手続補正 5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 7 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 7 3】

装置 1 0 が光学結像系 1 2 の瞳分解透過挙動の計測に用いるためのものである場合、例えばホールマスクのピンホールの形態の点型テスト構造の 2 次元配置を有するマスクがテストマスク 2 4 として用いられる。有効検出器 4 2 は、像平面 4 0 にある有効放射線 4 7 の角度分布が検出器表面 4 3 上で可視となるように、像平面 4 0 のはるかに下に配置される。この目的で、有効検出器 4 2 は、例えば、光学結像系 1 2 の瞳平面と共役な平面に配置することができる。解析格子 3 8 は、ここでは像平面 4 0 に残っていても除去されてもよい。

【手続補正 6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0 0 8 3

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0 0 8 3】

放射源 1 1 6 及び照明系 1 2 0 は、投影露光装置 1 0 0 の露光動作中に製品マスクを露光する投影露光装置 1 0 0 の照明機構 1 1 4 の一部である。投影露光装置 1 0 0 は、「レチクルステージ」とも称するマスクステージ 1 2 5 を備える。本発明による計測法の実施中、テストマスク 2 4 はマスクステージ 1 2 5 によって保持される。図 1 1 は、複数の反射光学素子 1 1 3 を備えた例示的な投影光学系 1 2 を示す。

【手続補正 7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0086

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0086】

図13は、例えば米国出願第2012/0182537号明細書の図2から当業者には既知である放射源116を示す。米国特許第8,102,511号明細書の図2によれば、これは、実質的にスペクトルフィルタ123が反射の代わりに透過動作する点で、図12に示す放射源116とは異なる。図13に示す本発明による実施形態によれば、強度センサ50は、スペクトルフィルタ123を通過してより高次の回折で発生したセンサ放射線48を強度センサ50によって取り込むのに適した位置に配置される。

【 国際調査報告 】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2014/002528

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER INV. G03F7/20 G01M11/02 ADD.		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G03F G01M		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	DE 10 2011 077223 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 13 December 2012 (2012-12-13) paragraphs [0037] - [0090]; figures 1, 2 -----	1-22
Y	EP 1 184 727 A1 (ASM LITHOGRAPHY BV [NL]) 6 March 2002 (2002-03-06) paragraphs [0038] - [0044], [0060]; figure 2 -----	1-22
Y	US 2011/013171 A1 (MUELLER ULRICH [DE] ET AL) 20 January 2011 (2011-01-20) paragraphs [0102] - [0125]; figures 8, 9 -----	1-22
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.		<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
Date of the actual completion of the international search 27 January 2015		Date of mailing of the international search report 04/02/2015
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040 Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer Eisner, Klaus

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2014/002528

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
DE 102011077223 A1	13-12-2012	CN 103608729 A	26-02-2014
		DE 102011077223 A1	13-12-2012
		JP 2014517533 A	17-07-2014
		KR 20140041520 A	04-04-2014
		US 2014118712 A1	01-05-2014
		WO 2012168272 A1	13-12-2012

EP 1184727 A1	06-03-2002	NONE	

US 2011013171 A1	20-01-2011	CN 101978323 A	16-02-2011
		DE 102008004762 A1	30-07-2009
		JP 5619624 B2	05-11-2014
		JP 2011510494 A	31-03-2011
		KR 20100110364 A	12-10-2010
		TW 200937140 A	01-09-2009
		US 2011013171 A1	20-01-2011
		WO 2009089999 A1	23-07-2009

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/002528

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES INV. G03F7/20 G01M11/02 ADD.		
Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC		
B. RECHERCHIERTE GEBIETE Recherchierter Mindestprüfstoﬀ (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole) G03F G01M		
Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoﬀ gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen		
Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe) EPO-Internal, WPI Data, INSPEC		
C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	DE 10 2011 077223 A1 (ZEISS CARL SMT GMBH [DE]) 13. Dezember 2012 (2012-12-13) Absätze [0037] - [0090]; Abbildungen 1, 2 -----	1-22
Y	EP 1 184 727 A1 (ASM LITHOGRAPHY BV [NL]) 6. März 2002 (2002-03-06) Absätze [0038] - [0044], [0060]; Abbildung 2 -----	1-22
Y	US 2011/013171 A1 (MUELLER ULRICH [DE] ET AL) 20. Januar 2011 (2011-01-20) Absätze [0102] - [0125]; Abbildungen 8, 9 -----	1-22
<input type="checkbox"/> Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen <input checked="" type="checkbox"/> Siehe Anhang Patentfamilie		
* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen : *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist *E* frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt) *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist *T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist *X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden *Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist *&* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist		
Datum des Abschlusses der internationalen Recherche		Absenddatum des internationalen Recherchenberichts
27. Januar 2015		04/02/2015
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 6818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016		Bevollmächtigter Bediensteter Eisner, Klaus

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2014/002528

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
DE 102011077223 A1	13-12-2012	CN 103608729 A	26-02-2014
		DE 102011077223 A1	13-12-2012
		JP 2014517533 A	17-07-2014
		KR 20140041520 A	04-04-2014
		US 2014118712 A1	01-05-2014
		WO 2012168272 A1	13-12-2012

EP 1184727	A1 06-03-2002	KEINE	

US 2011013171	A1 20-01-2011	CN 101978323 A	16-02-2011
		DE 102008004762 A1	30-07-2009
		JP 5619624 B2	05-11-2014
		JP 2011510494 A	31-03-2011
		KR 20100110364 A	12-10-2010
		TW 200937140 A	01-09-2009
		US 2011013171 A1	20-01-2011
		WO 2009089999 A1	23-07-2009

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), EP(AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US

(72)発明者 マルクス ゲッパート

ドイツ国 7 6 1 3 1 カールスルーエ マンハイマー シュトラッセ 7 3

(72)発明者 ヘルムート ハイドナー

ドイツ国 7 3 4 3 0 アーレン ヤーコブ シュヴァイカー シュトラッセ 3 3

Fターム(参考) 2G086 HH05 HH06

2H197 AA06 AA09 AA10 BA05 BA11 BA30 CA10 CA12 CA18 CB06

DA06 DB07 DC02 DC11 DC12 DC14 DC16 GA01 GA04 GA09

GA22 GA23 GA24 HA03 JA05