

(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2008-544531

(P2008-544531A)

(43) 公表日 平成20年12月4日(2008.12.4)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H O 1 L 21/027 (2006.01)	H O 1 L 21/30 5 3 1 A	2 H O 5 2
G O 2 B 19/00 (2006.01)	G O 2 B 19/00	5 F O 4 6

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2008-517389 (P2008-517389)
 (86) (22) 出願日 平成18年6月19日 (2006.6.19)
 (85) 翻訳文提出日 平成19年12月14日 (2007.12.14)
 (86) 国際出願番号 PCT/EP2006/005857
 (87) 国際公開番号 W02006/136353
 (87) 国際公開日 平成18年12月28日 (2006.12.28)
 (31) 優先権主張番号 60/692,700
 (32) 優先日 平成17年6月21日 (2005.6.21)
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

(71) 出願人 507212182
 カール ツァイス エスエムテー アーゲー
 ドイツ連邦共和国 オベルコッペン ルドルフ-エーベル-シュトラッセ 2
 (74) 代理人 100116872
 弁理士 藤田 和子
 (72) 発明者 ジンガー ヴォルフガング
 ドイツ連邦共和国 アーレン エガーラン
 トシュトラッセ 45
 (72) 発明者 ハインツ ヨアヒム
 ドイツ連邦共和国 アーレン ツェッペリン
 シュトラッセ 49

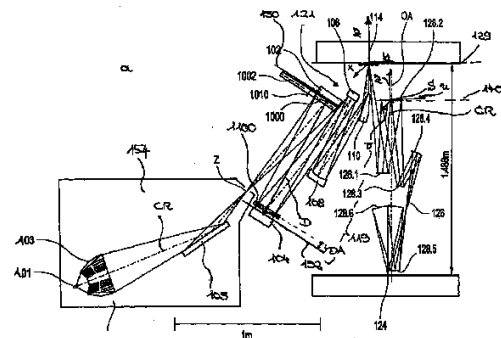
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 瞳ファセットミラー上に減衰素子を備えた二重ファセット照明光学系

(57) 【要約】

本発明は、波長が193nm以下の放射、特にEUVの範囲の波長の放射を放射する光源(101)を備えた照明光学系に関する。本発明は、第1の面(150)に、光源(101)の光を受光して、光を第1及び第2の光束(21)に分離する、少なくとも第1及び第2フィールドラスタ素子(309)を有する第1ファセット光学素子(102)と、第2の面(152)に、第1及び第2瞳ラスタ素子(415)を有する、少なくとも一つの第2ファセット光学素子(104)を含む光学部品(19,119)と、を備え、第1の光束は第1ラスタ素子に入射し、第2の光束は第2瞳ラスタ素子に入射し、少なくとも、第1フィールドラスタ素子から第1瞳ラスタ素子へ延在する第1の光束上の第2の面(152)又は第2の面に共役な面に、又はその何れかの近傍に減衰器(1100)が配置され、光学部品は、フィールド面に第1及び第2フィールドラスタ素子を結像する、照明光学系。

【選択図】 図3a



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

波長が 193 nm 以下の放射、特に EUV の範囲の波長の放射を放射する光源 (101) を備えた照明光学系であって、

第 1 の面 (150) に、前記光源 (101) の光を受光して、前記光を第 1 及び第 2 の光束 (21) に分離する、少なくとも第 1 及び第 2 フィールドラスタ素子 (309) を有する第 1 ファセット光学素子 (102) と、

第 2 の面 (152) に、第 1 及び第 2 瞳ラスタ素子 (415) を有する、少なくとも一つの第 2 ファセット光学素子 (104) を含む光学部品 (19, 119) と、を備え、

前記第 1 の光束は前記第 1 ラスタ素子に入射し、前記第 2 の光束は前記第 2 瞳ラスタ素子に入射し、少なくとも、前記第 1 フィールドラスタ素子から前記第 1 瞳ラスタ素子へ延在する前記第 1 の光束上の前記第 2 の面 (152) 又は前記第 2 の面に共役な面に、又はその何れかの近傍に減衰器 (1100) が配置され、前記光学部品は、フィールド面 (129) に前記第 1 及び第 2 フィールドラスタ素子を結像する、照明光学系。

【請求項 2】

前記第 1 ファセット光学素子が、20 を上回るフィールドラスタ素子、好ましくは 40 を上回るフィールドラスタ素子、より好ましくは 60 を上回るフィールドラスタ素子、更に好ましくは 80 を上回るフィールドラスタ素子、一層好ましくは 100 を上回るフィールドラスタ素子、より好ましくは 120 を上回るフィールドラスタ素子、一層好ましくは 150 を上回るフィールドラスタ素子、更に好ましくは 300 を上回るフィールドラスタ素子を含む、請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 3】

前記第 2 ファセット光学素子が、20 を上回る瞳ラスタ素子、好ましくは 40 を上回る瞳ラスタ素子、より好ましくは 60 を上回る瞳ラスタ素子、更に好ましくは 80 を上回る瞳ラスタ素子、一層好ましくは 100 を上回る瞳ラスタ素子、より好ましくは 120 を上回る瞳ラスタ素子、一層好ましくは 150 を上回る瞳ラスタ素子、更に好ましくは 300 を上回る瞳ラスタ素子を含む、請求項 1 又は請求項 2 に記載の照明光学系。

【請求項 4】

前記光源から前記第 1 ファセット光学素子への光路に、前記光源からの放射を集光し、前記第 1 ファセット光学素子の領域に照射する集光器 (103) が、前記第 1 ファセット光学素子の前に配置されている、請求項 1 から請求項 3 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 5】

前記減衰器 (1100) の、前記第 1 ファセット光学素子 (102) から前記第 2 ファセット光学素子 (104) への光路に沿った、前記第 2 の面又は前記第 2 の面に共役な面への物理的距離 (DA) が、前記第 1 の面から前記第 2 の面 (152) への物理的距離 (D) の 10 % より小さい、請求項 1 から請求項 4 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 6】

前記第 1 の光束が第 1 の断面を有し、前記減衰器 (1100) が少なくとも前記第 1 の光束の前記断面の少なくとも第 1 の領域をぼかす (vignette)、請求項 1 から請求項 5 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 7】

前記減衰器 (1100) が絞りである、請求項 1 から請求項 6 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 8】

前記絞りがリング形の絞り (600) 又は矩形の絞り (602) 又は台形の絞り (604) である、請求項 7 に記載の照明光学系。

【請求項 9】

前記絞りが、絞り輪の部分である、請求項 7 又は請求項 8 に記載の照明光学系。

【請求項 10】

前記絞りが、少なくとも一つのワイヤ (802) を含む、請求項 7 から請求項 9 迄の何

10

20

30

40

50

れかに記載の照明光学系。

【請求項 1 1】

前記減衰器（１１００）が、前記第１の光束の少なくとも一つの断面を可変にぼかすことができる装置を備える、請求項 1 から請求項 1 0 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 1 2】

前記装置（１１００）が、回転軸（９５４）を中心に回転可能な素子（９５０）を有するワイヤ（９５２）を含み、

前記回転可能な素子（９５０）はその位置に応じて前記第１の光束の断面の様々な領域をぼかす、請求項 1 1 記載の照明光学系。

【請求項 1 3】

前記減衰器（１１００）が、フィルタ素子である、請求項 1 から請求項 1 2 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 1 4】

前記第１及び第２フィールドラスタ素子（３０９）の少なくとも一つが反射型である、請求項 1 から請求項 1 3 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 1 5】

更なる減衰器（１０００）が、前記光源（１０１）から前記第１ファセット光学素子（１０２）への光路において、前記第１の面（１５０）又は前記第１の面に共役な面、又はその何れかの近傍に配置される、請求項 1 から請求項 1 4 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 1 6】

前記更なる減衰器（１０００）の、前記光源から前記第１ファセット光学素子への光路の沿った、前記第１の面又は前記第１の面に共役な面への前記物理的距離が、前記第１の面（１５０）から前記第２の面（１５２）への物理的距離（Ｄ）の１０％より小さい、請求項 1 5 に記載の照明光学系。

【請求項 1 7】

前記第１及び第２瞳ラスタ素子（４１５）が反射型である、請求項 1 から請求項 1 6 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 1 8】

前記第１及び第２瞳ラスタ素子（４１５）が異なった形状である、請求項 1 から請求項 1 7 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 1 9】

前記フィールド面（１２９）に、形状を有するフィールド（１３１）が形成される、請求項 1 から請求項 1 8 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 2 0】

前記第１及び第２フィールドラスタ素子（３０９）が前記フィールド（１３１）の前記形状を有する、請求項 1 9 記載の照明光学系。

【請求項 2 1】

前記照明光学系が、少なくとも一つのフィールド形成鏡（１１０）を含み、該フィールド形成鏡（１１０）は前記光束の経路において、第２ファセット光学素子（１０４）の後で、前記フィールド面（１２９）の前に設けられる、請求項 1 から請求項 2 0 迄の何れかに記載の照明光学系。

【請求項 2 2】

波長が１９３ｎｍ以下のマイクロリソグラフィ、特にＥＵＶマイクロリソグラフィの用の、フィールド面（１２９）のフィールド（１３１）を照明する、請求項 1 から請求項 2 1 迄の何れかに記載の照明光学系と、前記フィールド面（１２）の物体を像面（１２４）の像に投影する投影対物光学系（１２６）を備えた投影露光光学系。

【請求項 2 3】

前記物体が構造形成マスクである、請求項に 2 2 記載の投影露光光学系。

【請求項 2 4】

10

20

30

40

50

感光性物体が前記像面に配置された、請求項 2 3 又は請求項 2 4 に記載の投影露光光学系。

【請求項 2 5】

請求項 2 2 から請求項 2 4 迄の何れかに記載の投影露光光学系を用いて微細構造部品を製造する方法であって、

- フィールド面に配置された構造形成マスクを照明するステップと、
- 前記構造形成マスクを投影対物光学系を用いて感光性層に投影するステップと、
- 前記感光性層を現像して、微細構造部品又は微細構造部品の一部を生成するステップとからなる、方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、光源を備えた照明光学系であって、波長が 193 nm 以下の放射、特に、EUV 波長領域の放射を射出する光源を備えた照明光学系に関する。照明光学系は二重ファセット照明である。二重ファセット照明光学系では、照明光学系は、少なくとも、第 1 のファセット光学素子と第 2 のファセット光学素子からなる 2 つのファセット光学素子を備える。ファセット光学素子は、ラスタ素子とも呼ばれる、複数のファセットを有する。二重ファセット照明光学系では、第 1 光学素子のファセットは、1 以上の光学素子によってフィールド面のフィールドを照射するフィールド面に結像される。このような二重ファセット照明光学系の照明がケーラー照明である。第 1 ファセット光学素子は、光源の光束を受光して、該光束を第 1 と第 2 の光束に分離する、少なくとも第 1 と第 2 のフィールドラスタ素子を有する。第 2 の光学部品は、少なくとも第 1 と第 2 の瞳ラスタ素子を有する。第 1 の光束は、第 1 フィールドラスタ素子と第 1 瞳ラスタ素子の間を延在し、第 2 の光束は、第 2 フィールドラスタ素子と第 2 瞳ラスタ素子の間を延在する。

20

【0002】

(関連出願のクロスリファレンス)

本出願は、2005 年 6 月 21 日に米国特許商標局に出願した米国仮出願第 60 / 692, 700 号の米国特許第 120 条に基づく利益及び米国特許第 119 条に基づく優先権を主張する。米国仮出願第 60 / 692, 700 号の内容は、参照により本願明細書に全体が包含される。

30

【背景技術】

【0003】

波長が 193 nm 以下のマイクロリソグラフィー用照明光学系は、多くの刊行物から知られている。照明光学系は、マイクロリソグラフィー投影露光装置の一部であってもよい。

【0004】

電子部品の構造的な幅を、特に、ミクロンより微細な範囲に縮小するためには、使用する光の波長を小さくすることが有利である。波長が 193 nm 以下の光を使用することが、特にソフト X 線を用いたリソグラフィー、いわゆる EUV リソグラフィーには適当である。

40

【0005】

EUV リソグラフィーでは、11 ~ 14 nm の波長、特に 13.5 nm の波長が現在論じられている。EUV リソグラフィーの画像品質は、一方では投影対物光学系によって、他方では照明光学系によって決定される。照明光学系は、構造形成マスク、いわゆるレチクルを配置可能なフィールド面に、フィールド又はリング形状フィールドを可能な限り均一に照明するものである。投影対物光学系の支援によって、フィールド面のフィールドを、ウェーハ面とも呼ばれる像面に投影する。像面にはウェーハなどの感光性物体を配置す

50

る。

【0006】

EUV光で作動する光学系の場合、光学素子は、反射性光学素子として配置する。反射性光学素子のみを用いた照明光学系を反射式照明光学系とも呼ぶ。EUV照明光学系のフィールド面のフィールドの形状は通常、環状フィールドの形状である。

【0007】

本発明の照明光学系を使用したマイクロリソグラフィ投影露光光学系は、通常、いわゆる走査モードで動作する。EUVリソグラフィ用照明光学系、及びこのような照明光学系を備えたマイクロリソグラフィ投影露光装置は、米国特許第B-6,452,661号、第B-6,198,793号又はB-6,438,199号に開示されている。上記のEUV照明光学系は、エタンドュ(etendue)を設定し、フィールド面のフィールドの均一な照明を実現する、いわゆるハニカムコンデンサを備える。既に説明したように、ハニカムコンデンサは、通常、複数のラスタ素子を有する、第1ファセット光学素子と第2のファセット光学素子からなる2つのファセット光学素子を備える。反射式照明光学系では、第1ファセット光学素子は、複数のフィールドミラーファセットを有し、第2光学素子は、複数の瞳ミラーファセットを有する。

【0008】

国際出願第WO2005/0153154号は、フィールド面のフィールドの均一な照明を改善するため、減衰器、特にフィルタ素子を、フィールド面に共役な面内に、又は該面に近接して配置した二重ファセット照明光学系を開示している。国際出願第WO2005/0153154号によると、フィルタ素子は、第1ファセット素子の個々のファセットに対応している。これによって、第1ファセット素子の各ファセットに対応する個々の光チャネルの光強度に影響を与えることができる。

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

米国特許第B-6,225,027号は、光源と集光鏡を備えたEUVマイクロリソグラフィ用照明光学系を開示している。集光鏡は、2~12の鏡部に分けられる。このように少数の鏡部が、フィールド面に均一性誤差が生じる原因となる。更に、米国特許第B-6,225,027号の照明光学系は、臨界照明をフィールド面の接線方向に備えた照明光学系を開示している。フィールド面の方向の臨界照明の課題は、光源がフィールド面に結像されるため、例えば、光源の強度の変動が直接フィールドの均一性に影響を与える点にある。

【0010】

上述した従来の光学系の課題は、第1ラスタ素子を備えた第1光学素子を均一に照明したために、投影対物光学系の入射瞳と一致する照明光学系の射出瞳に大きな楕円率誤差が発生しうる点である。これは、特に、楕円度の高い光源を光源として使用し、瞳ラスタ素子を有する第2ファセット光学素子上、又はその近接にこの光源の像(即ち、いわゆる二次光源)を、大きさとエネルギー含量において極めて強く結像する場合に発生する。このバラツキによって、投影対物光学系の入射瞳と一致する照明光学系の射出瞳が不均一に充填される。このようにして射出瞳が不均一に充填されると、上述の楕円率誤差の原因となる。本明細書において、楕円率とは、瞳内のエネルギー分布の重み付けとして理解されたい。エネルギーが射出瞳内で角度範囲にわたって均等に分布している場合、楕円率の値は1となる。楕円率誤差は、楕円率の、均等な分布の理想的値、即ち、1の値からの差を意味する。楕円率については、図3bを参照してより詳細に説明する。

【0011】

本発明は、従来技術の課題を、特に、楕円率誤差及びテレセン度の誤差の少ないことを特徴とする、193nm以下の波長の照明光学系を提供することによって、克服することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 2 】

上述の目的は、本発明によると、波長が193nm以下の放射を発する光源を備えた照明光学系によって達成される。この照明光学系は、第1の面に、少なくともフィールドファセット又はフィールドラスタ素子を有する第1ファセット光学素子と、第2の面に、少なくとも一つの瞳ファセット又は瞳ラスタ素子を有する少なくとも一つの第2ファセット素子を含む光学部品を備え、第2ファセット子光学部品の少なくとも一つの瞳ファセット又は瞳ラスタ素子は、絞り又はフィルタとして構成可能な減衰器によって完全に、又は部品的にばかされる。減衰器は、第2の面上、又は第2の面に共役な面上、又はその何れかの近傍に設けられ、フィールドファセットが光学部品によってフィールド面に結像される。

10

【 0 0 1 3 】

フィールド面に照射されるフィールドの均一性を高めるため、第1ファセット光学素子は、20を上回るフィールドファセット又は瞳ラスタ素子、好ましくは40を上回るフィールドファセット、より好ましくは60を上回るフィールドファセット、更に好ましくは80を上回るフィールドファセット、一層好ましくは100を上回るフィールドファセット、より好ましくは120を上回るフィールドファセット、一層好ましくは150を上回るフィールドファセット、更に好ましくは300を上回るフィールドファセットを含む。

【 0 0 1 4 】

第2ファセット光学素子は、第1ファセット光学素子と同じ数の瞳ファセット又は瞳ラスタ素子を含む。このような場合、各フィールドファセットは、一つの瞳ファセットに対応付けられている。好ましい実施の形態では、瞳ファセットの数は、フィールドファセットの数より多い。このような光学系では、例えば、フィールドファセットと瞳ファセットとの対応付けを変更することによって、瞳の照明を変更することができる。

20

【 0 0 1 5 】

好ましい実施の形態では、第2ファセット光学素子は、20を上回る瞳ファセット、好ましくは40を上回る瞳ファセット、より好ましくは60を上回る瞳ファセット、更に好ましくは80を上回る瞳ファセット、一層好ましくは100を上回る瞳ファセット、より好ましくは120を上回る瞳ファセット、一層好ましくは150を上回る瞳ファセット、更に好ましくは300を上回る瞳ファセットを含む。

【 0 0 1 6 】

好ましくは、照明光学系は、光源から第1ファセット光学素子への光路に、光源からの放射を集光し、第1ファセット光学素子の領域に照射する集光器を備える。好ましくは、この第1光学素子の被照明領域は、リング形状の領域である。光路上で第1ファセット光学素子の前に集光器を配置することによって、照明光学系の光効率を向上できる。更に、米国特許第6,225,027号に示されるように、このような光学系で、集光器は、ファセット光学素子の代わりに光源によって加熱される。入れ子式斜入射集光器が最も好ましい。入れ子式斜入射集光器は、例えば、垂直入射光学素子と比較して、集光器の光学性能を低下させずに熱負荷を吸収できるという利点がある。このような集光器は、米国出願第2004/0065817A1号に記載されている。米国出願第2004/0065817A1号の内容は、本明細書に含まれている。

30

40

【 0 0 1 7 】

好ましくは、本発明の照明光学系によると、走査積分された楕円率は、被照射フィールドのx軸方向の位置、即ちフィールド高さに応じて変動する。この変動は+/-10%、特に+/-5%より小さい。更に、この光学系は、好ましくは、テレセン度の誤差が低く、+/-0.5mradを超えず、好ましくは、フィールドの位置、即ち、フィールドの高さに依存する。

【 0 0 1 8 】

好ましい実施の形態では、絞りは環状の絞りとして設けられる。

【 0 0 1 9 】

更に、矩形又は台形の構成を有した絞りも可能である。

50

【 0 0 2 0 】

第2ファセット素子のファセットの形状にほぼ対応する環状の絞りの場合、個々の光束を部分的にぼかすことができる。第2ファセット素子の第2ファセットは、瞳ファセットとも呼ばれる。部分的、又は完全にぼかすことによって、部分瞳とも呼ばれる三次光源は、照明光学系の射出瞳の面で部分的に、又は完全にぼかすことができる。これは、これらの部分瞳が、射出瞳の照明の分布にほとんど、或いは全く寄与しないことを意味する。

【 0 0 2 1 】

可能な限り安定した構造とするため、個々の瞳ファセット又は瞳ラスタ素子に部分的なぼかしを行う絞りを、一体として、例えば、絞り輪として形成することが好ましい。このような絞り輪は、本発明の一実施の形態では、複数の円形開口部を有する。

10

【 0 0 2 2 】

本発明の代替の実施の形態では、瞳ファセットをぼかすために複数のワイヤを用いる。このワイヤは、ぼかす瞳ファセットを変更できるように構成できる。

【 0 0 2 3 】

ワイヤからなる絞りの代わりに、環状フィールド絞り又は矩形絞りをを用いることもできる。

【 0 0 2 4 】

個々の瞳ファセットを可変にぼかすため、矩形絞りの位置に応じて、ラスタ素子に入射する光束断面の様々な領域がぼかすことができるように、矩形絞りは、軸を中心に回転可能又は移動可能に構成できる。これによって、個々の瞳ファセットを部分的にぼかすことができる。

20

【 0 0 2 5 】

本発明によると、絞り、又はフィルタ素子を、光源から被照射面、いわゆる、投影する構造形成マスクを配置するフィールド面への照明光学系のビーム経路上において第2ファセット素子近傍に設ける。近接又は近傍とは、本明細書において、第1ファセット光学部品から第2ファセット光学部品の光路に沿った物理的距離が、第1ファセット光学素子と第2ファセット光学素子の物理的距離の10%を下回ることを意味する。

【 0 0 2 6 】

代替の実施の形態では、減衰器、即ち、絞り又はフィルタを、第2ファセット光学素子が設けられた面に共役な面に配置する。

30

【 0 0 2 7 】

光学素子は、EUV放射の範囲の波長で動作する照明光学系において反射型の構成を有する。これは、特に、第1ファセット光学素子のフィールドファセット又はフィールドラスタ素子、及び第2ファセット光学素子の瞳ファセット又は瞳ラスタ素子に関する。

【 0 0 2 8 】

フィールド面のフィールドが均一に照明されることによって特徴付けられる照明光学系を得るため、更なる減衰器を、第1光学素子が設けられた第1の面に近接して配置することができる。これは、例えば、光源から第1ファセット光学素子への光路において、国際出願第W02005/05314号に記載のように、光源の後方で、第1ファセット素子の前方、好ましくは、第1ファセット光学素子に近接して、配置することができる。

40

【 0 0 2 9 】

特に好ましい実施の形態では、第2ファセット光学素子の瞳ファセットの形状は、第1ファセット光学素子によって構成される、それぞれの二次光源の形状にほぼ対応する。

【 0 0 3 0 】

これによって、光学系の効率性を、大幅に向上できる。

【 0 0 3 1 】

本発明の第1の実施の形態において、フィールドファセットはフィールド面のフィールドとほぼ同一の形状を有することができる。即ち、リング形状のフィールドの場合、フィールドファセットもリング形状の構成を有する。

【 0 0 3 2 】

50

本発明の第２の実施の形態において、フィールドファセット又はフィールドラスタ素子は、略矩形の形状を有し、フィールドを形成する部品を備える。

【００３３】

照明光学系に加えて、本発明は更に、フィールド面のフィールドを照明する、本発明の照明光学系と、フィールド面のフィールドに配置された物体、例えば、レチクルを像面の像に投影する投影対物光学系を備えた、波長が１９３nm以下のマイクロリソグラフィ用投影露光光学系を提供する。

【００３４】

通常、投影対物光学系の像面には感光性物体を配置し、物体を照明することによって、光で構造が形成されるようになっている。この像面に配置する感光性物体は、微細構造部品製造の基礎となる。本発明のこの態様は、本発明による投影露光装置を用いて感光性物体を照明し、該物体を現像することによって微細電子部品、例えば、半導体チップを製造する方法も提供する。

【００３５】

以下、本発明について、添付の図面を参照して、様々な例示を用いて説明する。

【発明を実施するための最良の形態】

【００３６】

図１は、二重ファセット照明光学系とも呼ばれる、２つのファセット光学素子を備えた照明光学系におけるビーム経路を示す基本図である。一次光源１の光は、集光器３の支援によって、集光され、平行又は収束光束に変換される。集光器の平行又は収束光束は第１ファセット光学素子７を照明する。第１ファセット光学素子７のフィールドファセット又はフィールドラスタ素子５は、集光器から第１ファセット光学素子７に入射する光束を、フィールドラスタ素子５毎に射出する複数の光束に分離し、二次光源１０を、第２ファセット光学素子１１に近接して又は第２ファセット光学素子１１の位置に生成する。第１ファセット光学素子が配置された面を第１の面８とする。図の例では、第２ファセット光学素子が配置され、二次光源が形成される第２の面１３は、射出瞳面と共役な面である。図示の実施の形態では、フィールド光学素子１２は二次光源１０を、後続の投影対物光学系（図示されてない）の入射瞳に相当する照明光学系（図示されてない）の射出瞳に投影する。フィールドラスタ素子５は、瞳ラスタ素子９を有する第２ファセット光学素子１１とフィールド光学素子１２を備えた光学部品によって照明光学系のフィールド面１４に投影される。これは、ケーラー照明を備えた照明光学系の特徴である。フィールドラスタ素子を、フィールドラスタ素子がほぼ光学部品と重ね合わされたフィールド面に結像することによって、フィールド面に均一な照明を実現できる。構造形成マスク、いわゆるレチクルは、好ましくは、照明光学系のフィールド面１４に配置する。図１に示す、フィールドラスタ素子と瞳ラスタ素子の目的について、光チャネル２１がその間に形成される第１フィールドラスタ素子２０と第１瞳ラスタ素子２２に関する図２a、図２bを参照して以下に説明する。

【００３７】

既に説明したように、一つの第１フィールドラスタ素子２０は、一つの第１瞳ラスタ素子２２とフィールド光学部品１２の支援によって、照明光学系のフィールド面１４に投影され、そこで所定のジオメトリと形状のフィールドが照明される。第１瞳ラスタ素子と光学部品１９のフィールド光学部品は、フィールド面に第１ラスタ素子を結像する。レチクル、即ち、構造形成マスクは、第１フィールド面１４に配置される。フィールドラスタ素子が、通常、フィールド面に結像されるため、フィールドラスタ素子２０の幾何学的拡張が、フィールド面の被照明フィールドの形状を決定する。

【００３８】

フィールド面の被照射フィールドを図６に示す。

【００３９】

本発明の第１の実施の形態では、フィールドラスタ素子２０は、フィールドの形状、即ち、リング状のフィールドの場合、フィールドラスタ素子もリング状の形状を有しうる。

これは、例えば、本明細書にその全体が包含される、米国特許第 6 , 4 5 2 , 6 6 1 号、又は米国特許第 6 , 1 9 5 , 2 0 1 号の出願に記載されている。

【 0 0 4 0 】

この代替として、フィールドラスタ素子は、矩形形状を有しうる。矩形フィールドラスタ素子を用いてフィールド面に弓状のフィールドを照射する場合、例えば、反射光学系ではフィールドミラーである、フィールド光学素子 1 2 の支援で、矩形フィールドを弓状フィールドに変換する必要がある。

【 0 0 4 1 】

フィールドミラーは環状ラスタ素子を備えた光学系では必要はない。

【 0 0 4 2 】

第 1 フィールドラスタ素子 2 0 は、一次光源 1 の像、いわゆる二次光源 1 0 が、第 1 瞳ラスタ素子の場所に、又は第 1 瞳ラスタ素子の場所に近接して形成されるように構成されている。瞳ラスタ素子 9 の熱的負荷が過剰になることを回避するため、瞳ラスタ素子は、二次光源に対して焦点をずらして配置できる。

【 0 0 4 3 】

二次光源は、焦点をずらした結果、拡張部を有する。この拡張部は、光源の形状に起因することもありうる。

【 0 0 4 4 】

本発明の好ましい実施の形態では、瞳ラスタ素子の形状は、一次光源の形状に合うように調整できる。

【 0 0 4 5 】

図 2 b に示すように、フィールド光学素子 1 2 は、二次光源 1 0 を照明光学系の射出瞳面 2 6 に、射出瞳が投影対物光学系の入射瞳と一致するように投影する働きをする。三次光源、いわゆる部分瞳が二次光源毎に射出瞳 2 6 に形成される。

【 0 0 4 6 】

図 3 a は、EUV リソグラフィー用に使用される、本発明の照明光学系を備えた、実施の形態の反射型マイクロリソグラフィー投影露光光学系の概略図である。光源 1 0 1 の光束は、本例では、複数のミラーシェルの有する入れ子式集光鏡として構成される斜入射集光鏡 1 0 3 によって焦点を合わせられ、格子型分光フィルタ素子 1 0 5 で分光フィルタリングした後、光源の中間像 Z を介してフィールドラスタ素子を有する第 1 ファセット光学素子 1 0 2 に導かれる。集光鏡 1 0 3 の光源 1 0 1 と格子型分光フィルタ 1 0 5 は、いわゆる光源ユニット 1 5 4 を形成する。フィールドラスタ素子を有する第 1 ファセット光学素子は、第 1 ファセット光学素子に入射する光束を、瞳ラスタ素子を有する第 2 ファセット光学素子 1 0 4 の場所で、或いは第 2 ファセット光学素子 1 0 4 の近傍で各々が二次光源を生成する複数の光束に分離する。第 1 ファセット光学素子 1 0 2 は、第 1 の面 1 5 0 に、第 2 ファセット光学素子 1 0 4 は、第 2 の面 1 5 2 に配置される。光源は通常、分散光源であるため、二次光源もまた分散する、即ち、各二次光源は所定の形状を有する。上述のように、個々の瞳ラスタ素子は、二次光源の所定の形状に合うように調節できる。

【 0 0 4 7 】

瞳ラスタ素子は、フィールド光学部品、いわゆるフィールドミラーグループ 1 2 1 とともに使用して、フィールドラスタ素子を、構造形成マスク 1 1 4 を配置可能な照明光学系のフィールド面 1 2 9 に投影する。図 3 a に示す実施の形態では、光学部品 1 1 9 は第 2 ファセット光学素子 1 0 4 とフィールドミラーグループ 1 2 1 を備える。

【 0 0 4 8 】

上述のように、二次光源の強度は極めて高いため、瞳ラスタ素子を有する第 2 ファセット光学素子 1 0 4 は、好ましくは、二次光源に対して焦点をずらして配置する。瞳ラスタ素子を有する第 2 ファセット光学素子が配置された第 2 の面 1 5 2 との距離は、フィールドラスタ素子を有する第 1 ファセット光学素子 1 0 2 と瞳ラスタ素子を有する第 2 ファセット光学素子 1 0 4 との間の距離の約 2 0 % である。第 1 ファセット光学素子 1 0 2 と第 2 ファセット光学素子 1 0 4 との間の距離 D は、図 3 a に示すように、第 1 光学素子 1 0

10

20

30

40

50

2 から第 2 光学素子 1 0 4 へ延在する主光線 C R に沿って画定される。

【 0 0 4 9 】

図示の実施の形態では、図 1 ~ 図 2 b に示すように、第 1 ファセット光学素子 1 0 2 の各フィールドラスタ素子は、第 2 ファセット光学素子 1 0 4 の一つの瞳ラスタ素子に対応している。本発明の他の実施の形態（図示しない）では、瞳ラスタ素子の数は、フィールドラスタ素子の数よりも大きい。このような場合、瞳面における照明の設定は、フィールドラスタ素子の瞳ラスタ素子に対する対応付けを変えることによって、容易に変更できる。図示の実施の形態では、各フィールドラスタ素子と各瞳ラスタ素子の間を一つの光束が延在している。フィールドラスタ素子から瞳ラスタ素子へ延在する個々の光束を、いわゆる光チャネルと呼ぶ。本発明によると、減衰器 1 1 0 0 は、第 1 フィールドラスタ素子から第 1 瞳ラスタ素子へ延在するこの光チャネルの少なくとも一つに配置される。第 1 フィールドラスタ素子から第 1 瞳ラスタ素子へ延在する光束は、特定の断面を有する。この断面は、減衰器によって少なくとも部分的にぼかされる。本発明に係わるこのような減衰器 1 1 0 0 は、図 3 a に概略を示すように、第 2 の面に、又は第 2 の面に近接して配置される。本明細書において、近接とは、減衰器 1 1 0 0 からの距離 D A が第 1 の面 1 5 0 から第 2 の面 1 5 2 への物理的距離 D の 1 0 % 未満とする。

10

【 0 0 5 0 】

この本発明に係わる減衰器 1 1 0 0 によって、以下に説明するように、射出瞳の楕円率に影響を及ぼすことができる。

【 0 0 5 1 】

20

図 3 a に更に、面が、投影対物光学系 1 2 6 の入射瞳面に相当する照明光学系の射出瞳面 1 4 0 を示す。投影対物光学系 1 2 6 の入射瞳は、図 6 に示す環状フィールドの中央フィールド点 Z への主光線 C R と投影光学系 1 2 6 の光学軸 O A との交点 S から得られる。投影光学系は、図示の実施の形態において、6 枚の鏡 1 2 8 . 1 , 1 2 8 . 2 , 1 2 8 . 3 , 1 2 8 . 4 , 1 2 8 . 5 , 1 2 8 . 6 を備える。構造形成マスクは、投影対物光学系の支援によって、感光性物体が配置される像面 1 2 4 に投影される。

【 0 0 5 2 】

局所的な x , y , z 座標系をフィールド面 1 2 9 に示し、局所的な u , v , z 座標系を射出面 1 4 0 に示す。

【 0 0 5 3 】

30

本明細書において、楕円率とは、射出瞳面の射出瞳のエネルギー分布の重み付けを意味する。図 3 b に示すように、座標系を u , v , z 方向に定義した場合、エネルギー含量は、瞳 1 0 0 0 内に座標 u , v の角度範囲にわたって分布する。瞳は、図 3 b に示すように、角度範囲 Q 1 , Q 2 , Q 3 , Q 4 , Q 5 , Q 6 , Q 7 , Q 8 に分割される。それぞれの角度範囲に含まれるエネルギー含量は、それぞれの角度範囲にわたって積分することによって得られる。例えば、I 1 が、角度範囲 Q 1 に含まれるエネルギー含量を示すとすると、I 1 には以下の式が適用される。

【 数 1 】

$$I1 = \int_{Q1} E(u,v) du dv$$

40

ここで、E (u , v) は、瞳の強度分布を表す。

以下の変数を - 4 5 ° / 4 5 ° 楕円率とする。

【 数 2 】

$$E_{-45^\circ/45^\circ} = \frac{I1 + I2 + I5 + I6}{I3 + I4 + I7 + I8}$$

以下の変数を 0 ° / 9 0 ° 楕円率とする。

【数 3】

$$E_{0^\circ/90^\circ} = \frac{I1+I8+I4+I5}{I2+I3+I6+I6}$$

ここで、 $I1, I2, I3, I4, I5, I6, I7, I8$ は、上述の、図 3 b に示すそれぞれの角度範囲 $Q1, Q2, Q3, Q4, Q5, Q6, Q7, Q8$ に含まれるエネルギー含量とする。

【0054】

フィールド面の被照射フィールドのフィールド点毎に異なる射出瞳が得られるので、瞳及び楕円率は、フィールドの位置に依存する。マイクロリソグラフィで使用する環状フィールドを図 6 に示す。フィールドを、フィールド面 129 の x, y, z 座標系で表す。瞳はフィールド点に依存するため、フィールドの x, y 位置にも依存する。

10

【0055】

図 3 a に示す照明光学系はまた、国際出願 WO 2005 / 015314 号に記載の、第 1 ファセット光学素子 102 が配置された第 1 の面 150、又は第 1 の面 150 に近接して設けられた更なる減衰器 1000 を備える。減衰器 1000 によって、個々のフィールドファセットを、部分的に、又は完全にぼかすことができるので、フィールド面の照明の均一性に意図的に影響を与えることができる。更なる減衰器 1000 は、オプションであるが、本発明に必須ではない。

【0056】

20

図 4 に、いわゆるフィールドハニカムプレートと呼ばれる、図 3 a に参照番号 102 で示した第 1 ファセット光学素子上のフィールドラスタ素子又はフィールドファセット 309 の二次元構成を示す。フィールドラスタ素子 309 間の距離は、可能な限り小さく選択する。図 4 に、122 個のフィールドラスタ素子 309 を自身に配置した第 1 ファセット素子を示す。円 339 は、フィールドラスタ素子 309 を備えた第 1 光学素子の円形照明の照明境界部を示す。このような照明は、例えば、光源から第 1 ファセット光学素子への光路において、第 1 ファセット光学素子の前に配置した集光器によって行う。ほぼ矩形のフィールドラスタ素子 309 は、例えば、長さを $X_{FRE} = 43.0 \text{ mm}$ 、幅を $Y_{FRE} = 4.0 \text{ mm}$ とする。フィールドラスタ素子 309 全ては円 339 内に配置されるため、完全に照明される。

30

【0057】

図 5 に、図 3 a で参照番号 104 で示した、第 2 ファセット光学素子上の瞳ラスタ素子 415 の第 1 の構成を示す。瞳ラスタ素子 415 は、 u, v, z 座標系の中心に対して点対称に配置されている。瞳ラスタ素子 415 の形状は、好ましくは、瞳ラスタ素子を有する第 2 光学素子が配置される面の二次光源の形状に対応する。図示の実施の形態では、瞳ファセット又は瞳ラスタ素子 415 の数は、フィールドラスタ素子の数に対応する。即ち、光学系が 122 個のフィールドファセット又はフィールドラスタ素子 309 を有する場合、光学系は 122 個の瞳ファセット又は瞳ラスタ素子を有する。

【0058】

図 6 に、図 3 a に従った照明光学系によってフィールド面 129 に形成される環状フィールドを示す。

40

【0059】

フィールド 131 は環状の形状を有する。図 6 に、フィールド 131 の座標系と中央フィールド点 Z 、及び x, y 座標系を示す。 y 方向は、照明光学系を走査用マイクロリソグラフィ投影光学系に使用した場合のいわゆる走査方向を示し、 x 方向は、走査方向に垂直な方向を示す。いわゆるフィールドの高さと呼ばれる、 x 方向の位置に応じて、走査積分した変数、即ち、 y 軸に沿って積分した変数が決定される。照明の多くの変数は、フィールドに依存した変数である。このようなフィールド依存変数として、例えば、その量がフィールドの高さ x に応じて変化する、いわゆる走査エネルギー (SE) がある。走査エネルギーは、フィールドの高さの関数である。一般的に、以下の数式が適用される。

50

【数 4】

$$SE(x) = \int E(x,y)dy,$$

ここで、E は、x と y に依存する、x , y フィールド面の強度分布である。均一な、即ち、一様な照明、及び、フィールド高さ x にも依存する楕円率、テレセン度 (t e l e c e n t r i c i t y) などの照明光学系の他の特徴的な変数には、かかる変数がフィールドの高さ x 全体にわたりほぼ等しい値でばらつきがごく僅かであることが有利である。

【0060】

本明細書において、楕円率とは、射出瞳面のそれぞれのフィールド点に対応する瞳のエネルギー分布の重み付けを意味する。図 3 b と関連する説明を参照されたい。

10

【0061】

更に、光束の主線を、被照射フィールドの各フィールド点に画成する。主線とは、フィールド点を起点とする、エネルギーで重み付けした光束の方向である。

【0062】

主光線 CR からの主線のズレを、いわゆる、テレセントリック誤差という。以下の式がテレセントリック誤差に適用される。

【数 5】

$$\vec{s}(x,y) = \frac{1}{N} \int du dv \begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} E(u,v,x,y)$$

20

ここで、N で、主光線を示すベクトル $\vec{s}(x,y)$ を正規化する。E (u , v , x , y) は、フィールド面 129 のフィールド座標 x , y と射出瞳面 140 の瞳座標 u , y に依存するエネルギー分布である。

【0063】

一般に、フィールド面 129 のフィールドの各フィールド点は、図 3 a に係わる照明光学系の射出瞳面 140 の射出瞳に関連付けられている。部分瞳とも呼ばれる複数の三次光源は、それぞれのフィールド点に対応する射出瞳に形成される。

【0064】

図 7 に、図 6 に示す環状フィールドでフィールド高さが $x = -52 \text{ mm}$ の場合の走査積分瞳を示す。

30

【0065】

走査積分瞳は、エネルギー分布 E (u , v , x , y) を走査経路、即ち y 方向に沿って積分することによって得られる。走査積分瞳は以下のように表される。

$$E(u,v,x) = \int dy E(u,v,x,y)$$

走査積分瞳を座標 u , v について積分することによって、上述の強度 I 1 , I 2 , I 3 , I 4 , I 5 , I 6 , I 7 , I 8 が得られる。こうして、フィールドの高さ x に応じて、例えば、 $x = -52 \text{ mm}$ として $-45^\circ / 45^\circ$ 又は $0^\circ / 90^\circ$ 楕円率が得られる。

【0066】

図 7 に示すように、射出瞳面の射出瞳は、個々の部分瞳、即ち三次光源 500 を有する。図 7 に示すように、個々の部分瞳 500 は、様々なエネルギーを含有し、例えば、図 3 a に示す入れ子式集光器 103 では、入れ子式集光器の集光器シェル又は集光器スポークを起点とする微細構造を有する。部分瞳 500 の強度値がそれぞれ異なることは、第 1 光学素子の照明が不均一である結果である。個々の部分瞳 500 のエネルギーが不均衡であることに加えて、幾何学的な不均衡も存在する。図 7 から明らかなように、多くの部分瞳 500 は楕円形の形状である一方で、ほぼ円形の構成をした部分瞳も存在している。個々の部分瞳における、形状の幾何学的差異とエネルギー的な差異の両方が原因となって、射出瞳の楕円率 (例えば、 $-45^\circ / 45^\circ$ 又は $0^\circ / 90^\circ$ 楕円率) をフィールドの高さ、即ち x 座標に沿って大きく確実に変化させている。

40

【0067】

50

既に説明したように、楕円率は可能であればフィールドの高さ、即ち、 x 座標に沿って一様又は均一であることが望ましい。

【0068】

これは、本発明によると、個々の部分瞳500を第2の面152に、又は第2の面に共役な面に、又はその何れかに近接して配置した減衰器の支援によって部分的にまたは完全にぼかすことによって実現できる。

【0069】

楕円率には、個々の瞳ファセット又は個々の瞳ラスタ素子に対応する絞り又はフィルタの支援によって、光束の光強度を減衰することによって、意図的に影響を及ぼすことができる。減衰器は、例えば、単一の瞳ファセット又は単一の瞳ラスタ素子を部分的又は完全にぼかすことができる、絞りでもよい。

【0070】

図8に、フィールド高さ $x = 0$ mm、即ち、図6の中央フィールド点を含む走査経路における走査積分瞳

$$E(u, v, x) = \int dy E(u, v, x, y)$$

を示す。いわゆる $0^\circ / 90^\circ$ 楕円率は、図3bを参照した説明したようにして得られる。 $0^\circ / 90^\circ$ 楕円率を補正する場合、部分瞳を図8に示すようにぼかす。ぼかされた部分瞳を参照番号502で図8に示す。ぼかされてない部分瞳を参照番号500で示す。

【0071】

図9に、第2光学ファセット素子の瞳ファセット又は瞳ラスタ素子を示す。瞳ファセットを図5に参照番号415で示す。更に、図9に、瞳ファセットを部分的にぼかして、上述のように、射出瞳の特定の領域からのエネルギーを除去するために用いる絞り420.1, 420.2, 420.3, 420.4, 420.5, 420.6を示す。ぼかさない瞳ファセットの凹部を、参照番号440で示す。

【0072】

図10a~図10cに、個々の瞳ファセットをぼかすための、可能な種類の絞りを示す。図10aに、リング形の絞り600を、10bに矩形の絞りを、図10cにいわゆる台形の絞り604を示す。絞りの種類に応じて、瞳ファセット415に関連付けられた部分瞳のエネルギーは照明光学系の射出絞瞳で絞りによって削減され、部分瞳のエネルギー分布の焦点はずれる。

【0073】

リング形の絞り600は、比較的構築が容易で、コンパクトに使用できるという長所がある。

【0074】

他の種類の絞り（例えば、矩形の絞り602）は、再調整がより容易であるという長所がある。矩形の絞り602又は台形の絞り604は、外部からビーム経路に導入でき、導入する際の深さを可変にできる。これに対して、固定したリング形の絞りからなる絞り輪（stop wheel）は変更ができない。虹彩絞りからなる、変更可能な環状フィールド絞りは可能であるが、必要な精度を満たすためには多くの労力を要しなければ製造できない。

【0075】

個々の瞳ファセットをぼかす絞りを一体として製造することは特に有利である。この絞りは、第2ファセット光学素子、即ち、瞳ファセットミラーの冷却リングに配置できる。

【0076】

このような絞り輪を図9に示す。図9に示す絞りでは、個々の瞳ファセットに部分的なぼかしが、同様の形状をもって凹部が絞り輪に配置されるように、発生する。

【0077】

図9に示す実施の形態では、開口部420.1, 420.2, 420.3, 420.4, 420.5, 420.6, 420.7, 420.8, 420.9, 440各々が、特に

10

20

30

40

50

、容易に製造できる点に特徴のある、絞りの円形開口部である。

【0078】

図9に示す絞りによって、個々の瞳ファセットを完全に、又は部分的にぼかすことができる。絞りを、フィールドの高さ、即ち、 x 座標に応じて楕円率のコース(course)に導入する効果を、 $-45^\circ/45^\circ$ 又は $0^\circ/90^\circ$ 楕円率について図11a及び図11bに示す。図11aに、図3aによる照明光学系で、第2ファセット素子近傍に絞りのない場合の $-45^\circ/45^\circ$ 楕円率2000.1又は $0^\circ/90^\circ$ 楕円率2000.2を示す。フィールド高さに応じて、 $-45^\circ/45^\circ$ 楕円率は100%と116%の間を変動し、 $0^\circ/90^\circ$ 楕円率は100%と92%の間を変動している。楕円率は、図9に示す絞りを、第2ファセット光学素子に近接した照明光学系の光束経路に導入することによって、大きく改善される。これを、図11bに示す。フィールドの高さに応じて、 $-45^\circ/45^\circ$ 楕円率2000.1は、100%から104%の間を変動し、 $0^\circ/90^\circ$ 楕円率2000.2は、97.8%から100%の間を変動する。

10

【0079】

図11c及び図11dに、図3aによる光学系で、第2ファセット光学素子の前に減衰器がある場合とない場合のフィールド高さ x に応じた光学系のテレセントリック誤差を示す。図11cに、図3aによる光学系で、減衰器がない場合の光学系のテレセントリック誤差の動向を示す。テレセントリック誤差は、 x 軸方向2100.1及び y 軸方向2100.2で0.5mradを上回る。図11dに示すように、第2ファセット光学素子の前に減衰器を導入することによって、テレセントリック誤差は、 x 軸方向2100.1及び y 軸方向2100.2で0.5mradを下回るように保つことができる。

20

【0080】

絞り輪は、絞り輪を用いて設定、特に 設定ができるという、更なる利点がある。これは、図11e~図11hに示す。図11eに、一例として、瞳ファセット415を有する第2ファセット光学素子を示す。図11fに示すように、絞りを導入することによって、瞳ファセットを端部700で完全にぼかすことができ、これによって 設定値を設定できる。楕円率補正を行う場合、図11gに示すように、絞り輪を用いて最も近接して位置する光ファセット702を部分的にぼかすことができる。図11g及び図11hに示すように、第2ファセット光学素子に近接した絞り輪を用いて、このように、楕円率の補正に加えて、 設定値の設定を行うことができる。 設定値は、瞳の環状照明を規定する。以下の関係が 値の設定に一般的に用いられている。

30

$$= E_{IN} / O_{UT}$$

ここで、 値は、対物光学系の瞳の充填度を示す。 $=1.0$ の場合、対物光学系の瞳は完全に充填されている。 $=0.6$ の場合、対物光学系の瞳は部分的にのみ充填されている。 値の定義については米国特許第6,658,084B2に記載されている。

【0081】

図11hに、絞り輪の他の例を示す。図11hに示す例では、瞳ファセットは端部700及び中央部704において完全にぼかされており、瞳ファセットはリング形状領域702のみが部分的にぼかされ、この領域でリング形状の照明を生じている。

【0082】

図12及び図13に、個々の瞳ファセット800をぼかす他の例を示す。図12に示す実施の形態では、個々の部分瞳の光をぼかすためにワイヤ802を用いている。ぼかしを可変に制御するため、個々のワイヤを、例えば、方向802.1, 802.2, 802.3, 802.4に沿ってそれぞれの位置に移動させる。

40

【0083】

図13に、瞳ファセット900を絞りによって、ぼかしを可変とする例を示す。絞りを参照番号902.1, 902.2で記している。

【0084】

瞳ファセット900のぼかしを、絞りをを用いて可変とするため、図14に示すように、絞り950を、例えば、軸954の回りを回転可能なワイヤ952上に配置した実施の形

50

態を提供することができる。軸 9 5 4 の設定に応じて、絞り 9 5 2 は瞳ファセットを狭い側、或いは広い側で覆うことができるので、軸 9 5 4 の回転に応じて様々なぼかしをおこなうことができる。

【 0 0 8 5 】

このように、本発明によって、初めて、走査積分した楕円率誤差及びテレセントリック誤差を個々の瞳ファセットを切り換えることによって十分に補正できる照明光学系が提供される。

【 0 0 8 6 】

更に、減衰器を、特に、第 2 ファセット素子が配置される面に近接して絞り、又は同様の共役な絞りを導入することによって、照明光学系を変更した場合に、続けて補正を行うことが可能になるという利点がある。このような変更は、光源の交換、例えば、プラズマ光源、又は全光源 / 集光装置を交換することによって、発生しうる。

【 0 0 8 7 】

更に、照明光学系の動作によって、光学系の特性が変化する場合も補正できる。例えば、鏡の被覆が劣化すると、鏡の反射特性が変化する。このような場合、光学系全体に補正が必要となる。

【 0 0 8 8 】

更に、固定又は可変の絞りを使用することによって、例えば、製造時の鏡の被覆の不具合、又は調整不良の補正を行うことができる。

【 0 0 8 9 】

絞りの更なる重要な用途として、設定値を可変にできる点があげられる。例えば、外側の瞳ファセットのリング形状部を完全にマスクすることによって、設定値を下げるができる。これは、新たに設定した設定値に、楕円率を新たに補正することと組み合わせることができる。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 0 9 0 】

【 図 1 】二重ファセット照明光学系の基本図である。

【 図 2 A 】光源からフィールド面までの二重ファセット照明光学系のビーム経路を示す図である。

【 図 2 B 】光源から射出瞳面までの二重ファセット照明光学系のビーム経路を示す図である。

【 図 3 a 】照明光学系の基本構成を示す図である。

【 図 3 b 】射出瞳面の射出瞳を示す図である。

【 図 4 】フィールドラスタ素子を有する第 1 ファセット光学素子を示す図である。

【 図 5 】瞳ファセットを有する第 2 ファセット光学素子を示す図である。

【 図 6 】照明光学系のフィールド面の被照射環状フィールドを示す図である。

【 図 7 】減衰器による補正を行わない場合の射出瞳面の瞳照明を示す図である。

【 図 8 】減衰器による補正を行った場合の射出瞳面の瞳照明を示す図である。

【 図 9 】近傍に配置した絞り輪を有する第 2 ファセット光学素子を示す図である。

【 図 1 0 】図 1 0 a から 1 0 c は、様々な種類の絞りを示す図である。

【 図 1 1 a 】補正前における、フィールド高 x に応じた $-45^\circ / 45^\circ$ 又は $0^\circ / 90^\circ$ 楕円率の動向を示す図である。

【 図 1 1 b 】補正後における、フィールド高 x に応じた $-45^\circ / 45^\circ$ 又は $0^\circ / 90^\circ$ 楕円率の動向を示す図である。

【 図 1 1 c 】補正前における、テレセン度の動向を示す図である。

【 図 1 1 d 】補正後における、テレセン度の動向を示す図である。

【 図 1 1 e 】絞り輪による設定値及び楕円率への影響を説明するための図である。

【 図 1 1 f 】絞り輪による設定値及び楕円率への影響を説明するための図である。

【 図 1 1 g 】絞り輪による設定値及び楕円率への影響を説明するための図である。

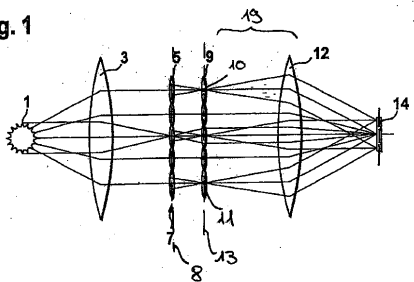
【 図 1 2 】個々の瞳をぼかすためのワイヤの配置を示す図である。

【図 1 3】個々の瞳ファセットをぼかすためのロッド状の絞りの配置を示す図である。

【図 1 4】個々の瞳ファセットをぼかすために軸を中心として回転可能なリッド状の絞りの配置を示す図である。

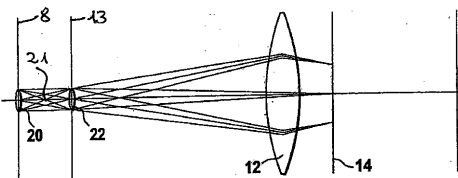
【図 1】

Fig. 1



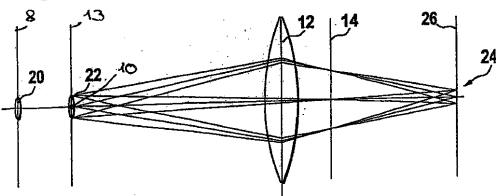
【図 2 a】

Fig. 2a

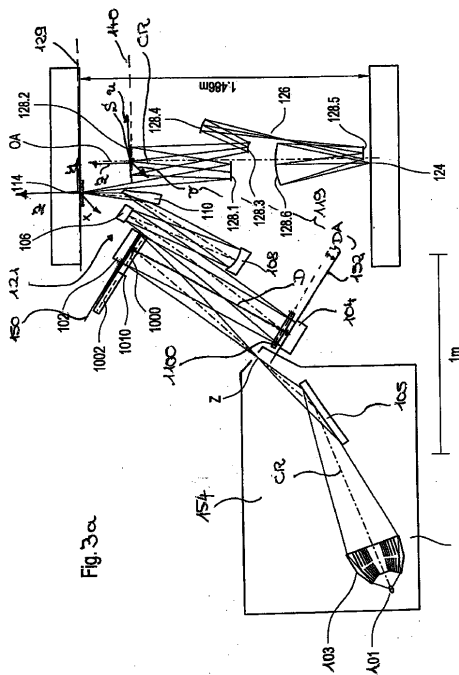


【図 2 b】

Fig. 2b



【図 3 a】



【 図 3 b 】

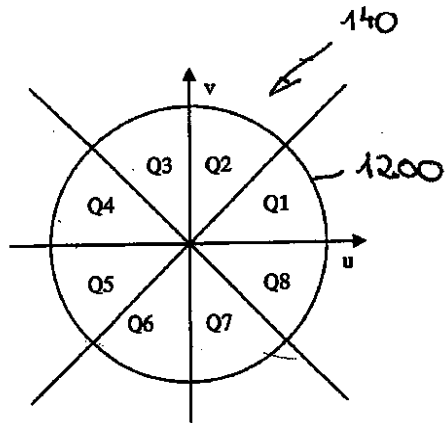
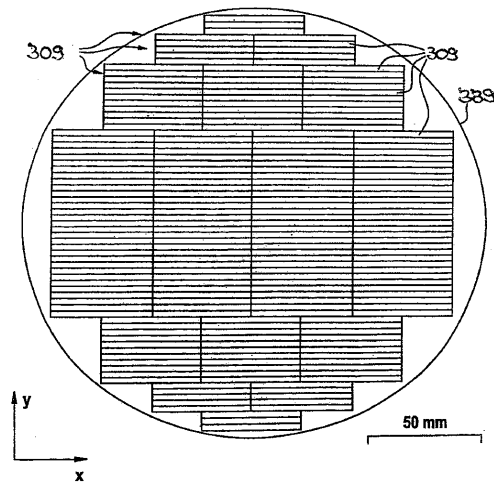


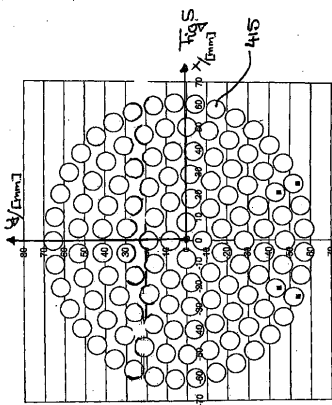
Fig. 3b

【 図 4 】

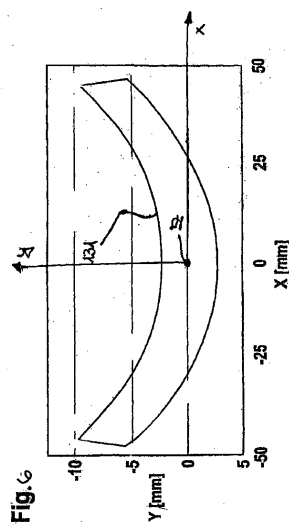
Fig. 4



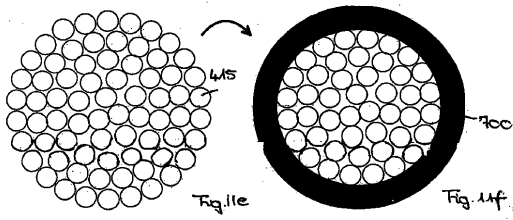
【 図 5 】



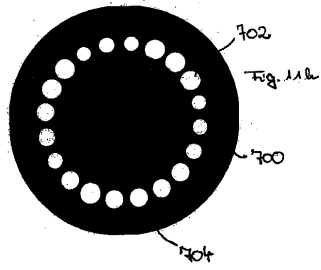
【 図 6 】



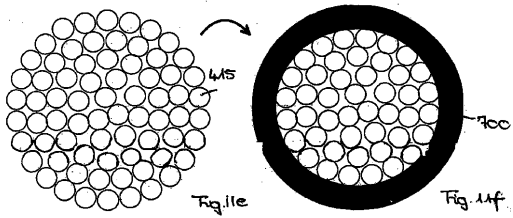
【図 1 1 e】



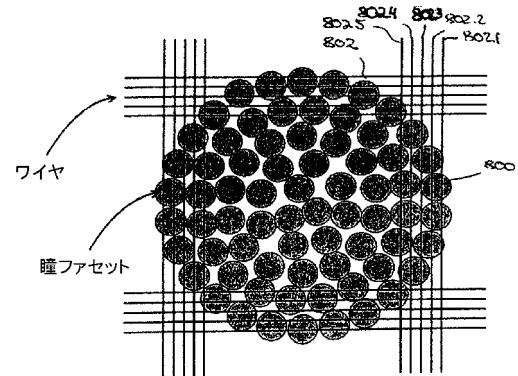
【図 1 1 h】



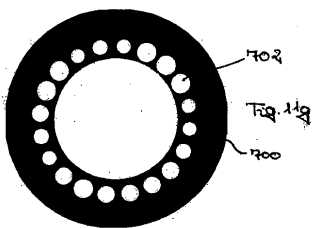
【図 1 1 f】



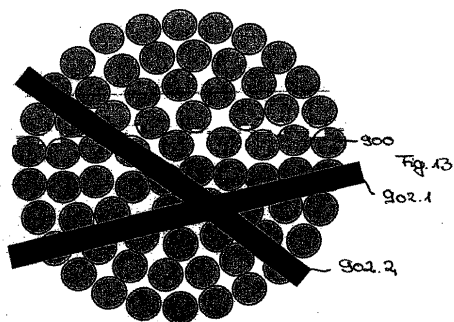
【図 1 2】



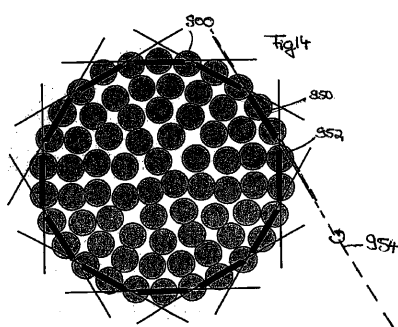
【図 1 1 g】



【図 1 3】



【図 1 4】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/005857

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. G03F7/20

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 H01L G02B

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 practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	EP 1 349 009 A2 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 1 October 2003 (2003-10-01) figures 2-6,9 paragraphs [0019], [0022], [0023], [0027], [0030]	1-25
A	US 2003/063266 A1 (LEENDERS MARTINUS HENDRIKUE AN [NL] ET AL LEENDERS MARTINUS HENDRIKUS) 3 April 2003 (2003-04-03) abstract figures 1,1B column 9, lines 21-29	1-25
A	US 5 392 094 A (KUDO YUJI [JP]) 21 February 1995 (1995-02-21) abstract; figures 2-5 figure 1	1-25
-/-		

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☒ 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 document 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.

Z document member of the same patent family

Date of the actual completion of the International search

13 October 2006

Date of mailing of the international search report

02/11/2006

Name and mailing address of the ISA/
European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Menck, Alexander

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/005857

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 99/36832 A (NIPPON KOGAKU KK [JP]; TOKUDA NORIAKI [JP]) 22 July 1999 (1999-07-22) abstract figure 1	1-25

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/005857

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1349009	A2	01-10-2003	NONE	
US 2003063266	A1	03-04-2003	JP 2003178969 A	27-06-2003
US 5392094	A	21-02-1995	JP 3158691 B2 JP 6061121 A	23-04-2001 04-03-1994
WO 9936832	A	22-07-1999	AU 1891299 A	02-08-1999

フロントページの続き

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

(72)発明者 シュベルト エーリッヒ

ドイツ連邦共和国 イェステッテン シャフトハウザーシュトラッセ 8

Fターム(参考) 2H052 BA02 BA03 BA09 BA12

5F046 GA03 GB01 GB09