

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4700697号
(P4700697)

(45) 発行日 平成23年6月15日(2011.6.15)

(24) 登録日 平成23年3月11日(2011.3.11)

(51) Int.Cl.

G02B 26/02 (2006.01)
G03F 7/20 (2006.01)

F 1

G02B 26/02
G03F 7/20 521

請求項の数 20 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2007-547201 (P2007-547201)
 (86) (22) 出願日 平成17年8月25日 (2005.8.25)
 (65) 公表番号 特表2008-525828 (P2008-525828A)
 (43) 公表日 平成20年7月17日 (2008.7.17)
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2005/009165
 (87) 國際公開番号 WO2006/066638
 (87) 國際公開日 平成18年6月29日 (2006.6.29)
 審査請求日 平成20年7月23日 (2008.7.23)
 (31) 優先権主張番号 102004063314.2
 (32) 優先日 平成16年12月23日 (2004.12.23)
 (33) 優先権主張国 ドイツ (DE)

(73) 特許権者 503263355
 カール・ツァイス・エスエムティー・ゲーエムベーハー
 ドイツ連邦共和国、73447 オベルコッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラーゼ 2
 (74) 代理人 100082005
 弁理士 熊倉 賢男
 (74) 代理人 100067013
 弁理士 大塚 文昭
 (74) 代理人 100086771
 弁理士 西島 孝喜
 (74) 代理人 100109070
 弁理士 須田 洋之

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】非対称瞳照射を補償するフィルタ装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のフィルタ素子を含むフィルタ装置と、作動装置とを備えた照射システムであって、前記作動装置は、前記複数のフィルタ素子の少なくともいくつかに対応し、前記作動装置と対応するフィルタ素子を、前記照射システムを通過する照射光線束の光路において異なる位置に移動させ、前記フィルタ装置は、瞳の形状に対する影響が極めて少なくなるように、前記照射システムの瞳面に対して距離範囲 z 内に配置され、前記距離範囲の第1の限界値は、前記瞳面によって画定され、前記距離範囲の第2の限界値は、 z_{MAX} によって画定され、該距離 z_{MAX} が、前記フィルタ素子の部分陰影が前記光路の周囲領域において最大で半分重なるように決定される、前記照射システム。

10

【請求項 2】

それぞれの個別の前記フィルタ素子をフィルタ装置内へ半径方向 R に異なるが相応の程度に挿入できる、請求項 1 に記載の照射システム。

【請求項 3】

前記フィルタ素子が棒状の形状を有する、請求項 1 から請求項 2 迄の何れかに記載の照射システム。

【請求項 4】

前記フィルタ素子が、少なくとも一部の領域において透明である、請求項 1 から請求項 3 迄の何れかに記載の照射システム。

【請求項 5】

20

前記フィルタ素子が、少なくとも一部の領域において支持されてない網状構造を有する、請求項 1 から請求項 4 迄の何れかに記載の照射システム。

【請求項 6】

前記フィルタ装置が外周部を有し、前記複数のフィルタ素子が、前記外周部に対して略半径方向に配設される、請求項 1 から請求項 5 迄の何れかに記載の照射システム。

【請求項 7】

前記フィルタ素子が、前記半径方向に移動可能に配設された、請求項 1 から請求項 6 迄の何れかに記載の照射システム。

【請求項 8】

前記フィルタ素子が、略半径方向に向いた軸を中心として回転可能である、及び / 又は軸に沿って軸方向に移動可能であるように、前記フィルタ装置が配設された、請求項 6 から請求項 7 迄の何れかに記載の照射システム。 10

【請求項 9】

10 を上回る数のフィルタ素子を用いる、請求項 1 から請求項 8 迄の何れかに記載の照射システム。

【請求項 10】

前記フィルタ装置は、前記照射システムの瞳面近傍に配設される、請求項 1 から請求項 9 迄の何れかに記載の照射システム。

【請求項 11】

前記フィルタ素子の寸法は、アジマス方向において隣接する 2 つのフィルタ素子の間の距離よりも小さく選択する、請求項 1 から請求項 10 迄の何れかに記載の照射システム。 20

【請求項 12】

前記フィルタ素子の横方向の延びは、前記フィルタ素子相互の距離の 1 % から 5 % である、請求項 11 に記載の照射システム。

【請求項 13】

光源から物体面への光路に光学ラスタ素子を備え、前記フィルタ装置が、前記光路において前記光学ラスタ素子の後方に配置される、請求項 1 から請求項 12 迄の何れかに記載の照射システム。

【請求項 14】

更に、ズーム対物光学系又はズームアキシコン対物光学系を備え、前記フィルタ装置が、前記対物光学系内に配置される、請求項 1 3 に記載の照射システム。 30

【請求項 15】

前記光学ラスタ素子が、第 1 の光学ラスタ素子であり、当該照射システムが、前記光路において前記第 1 の光学ラスタ素子の下流に第 2 の光学ラスタ素子を備える、請求項 1 3 に記載の照射システム。

【請求項 16】

前記フィルタ装置が、前記光路においてラスタ素子を備えた前記第 2 の光学素子の前方に配置される、請求項 1 5 に記載の照射システム。

【請求項 17】

光源から物体面への光路において可変減衰器を備える、請求項 1 3 に記載の照射システム。 40

【請求項 18】

前記可変減衰器が、前記光路において照射光学部品の前に配置される、請求項 1 7 記載の照射システム。

【請求項 19】

請求項 1 から請求項 1 8 迄の何れかに記載の照射システムを備えるリソグラフィシステム。

【請求項 20】

マイクロエレクトロニクス部品又はマイクロメカニクス部品を製造する方法であって、請求項 1 9 に記載のリソグラフィシステムを用いることを特徴とする方法。 50

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、照射システムの非対称瞳照射を補償するフィルタ装置に関し、具体的には、リソグラフィシステムに対応した照射システム用のフィルタ装置に関する。

【背景技術】**【0002】**

マイクロエレクトロニクス又はマイクロメカニクス部品を製造するためのリソグラフィシステム用照射システムには高い需要がある。これは、ウェーハステッパーとして機能するシステム及びウェーハスキャナとして機能するシステムのどちらも同様である。かかる照射システムは、照射システムのフィールド面で、対象物、通常はマスクを均等に照射する必要がある。このような条件に加えて、フィールド面における照射の角度分布の条件を満たす必要もあり、これは部分的に、照射システムの射出瞳の照射にも関連する。リソグラフィシステムでは、照射システムの射出瞳が下流に位置する投影対物光学系の入射瞳と一致する。このため、投影対物光学系へ最大限の量の光を導入し、投影システムの結像面におけるテレンセン度の要件を満たし、可能な限り均等にマスク構造体の結像を行えるように、射出瞳の照射特性を調整して構成する必要がある。

10

【0003】

フィールド面における像の照射を均等にするために、棒状の光インテグレータを用いた照射システムが知られている。動作波長に応じて、かかる棒状の光インテグレータの材料が調整される。これは、例えば石英ガラス又はフッ化カルシウムのような結晶性物質から構成できる。かかる棒状光インテグレータの効果については、例えば米国特許第5,675,401号、米国特許出願第2004/012766号、欧州特許第EP0867772号、米国特許第6,236,449号又は欧州特許出第EP0747772号に開示されている。これにより、この棒状光インテグレータ内の複数の光の全反射を結合して、完全に混合された照射光がその外面に得られる。全反射は、当該棒体の被覆物表面に残った粗さのため、損失が完全にないわけではない。

20

【0004】

棒状光インテグレータを用いた場合、矩形断面のため、スキャナの射出瞳の照射に、望ましくない非対称性が生じる。主に矩形の短い方の側に平行に進む光線は、より多く反射するため、大幅な減衰が発生する。この非対称性は、楕円形の瞳形状のエネルギーとなるため、以下に楕円度(ellipticity)と呼ぶ。非対称な照射を回避するため、その側面における反射回数及びこれに伴う全反射損失を、所定の光エネルギーの分布がガラス棒の出力端面に角度間隔で生じるように設定した、幅と高さの縦横比を有する棒状光インテグレータが、米国特許第6,733,165号に開示されている。しかしながら、米国特許第6,733,165号に開示された方法には楕円の非対称性しか補正することができないという欠点がある。

30

【0005】

さらに、調整可能な対称瞳フィルタが知られている。例えば、米国特許第6,535,274号には、少なくとも2つの対称フィルタ素子を互いに回転して調整可能な、瞳照射をフィルタ処理する対称強度フィルタを実現したフィルタ装置を開示している。米国特許第6,535,274号に開示された瞳フィルタは、投影露光システムを構成する照射システムの瞳面の領域においてそれぞれ透過率を設定することにより物体面における照射角の分布の楕円度を生成又は補正している。しかしながら、複雑な非対称性の補正は不可能である。

40

【0006】

米国特許第6,636,367号には、瞳面の領域に配置される瞳フィルタの運動を制御して照射の角度の分布を変化する照射システムが開示されている。この瞳フィルタは、回転軸を中心として非回転対称性の透過分布を有する回転可能な素子として構成される。したがって、インテグレータとして棒を組み合わせても楕円度の設定ができる。

50

【0007】

米国特許出願第 U S 2 0 0 3 / 0 0 7 6 6 7 9 号には、光源から構造を有するマスク (structure-bearing mask) が配置される面までの光路に少なくとも 1 つの回折格子を設けた照射システムが開示されている。この回折格子は、光軸に対して種々の角度で光を反射するために用いられる。

【0008】

さらに、例えば、米国特許第 5,731,577 号、米国特許第 5,461,456 号、米国特許第 6,333,777 号又は欧州特許第 E P 0 8 4 9 6 3 7 号に、光源から構造を有するマスクが配置される面までの光路に光インテグレータを設けた照射システムが開示された。10

【0009】

米国特許第 5,731,577 号、米国特許第 5,461,456 号、米国特許第 6,333,777 号又は欧州特許第 E P 0 8 4 9 6 3 7 号に開示された光インテグレータは、ファセット処理された素子を有する。

【0010】

さらに、フィールド面におけるフィールドの照射の均等性を向上させるためのフィルタ、即ち、当該照射システムの瞳面よりもフィールド面の近傍に位置したフィルタ装置が知られている。欧州特許第 E P 1 2 9 1 7 2 1 号には、ラメラ状素子の向きが当該フィールド面の周囲環境においてほぼ設定可能で、これによって光路の局部遮光効果が得られるフィールドフィルタが開示されている。しかしながら、このフィルタは、当該フィールド面の照射の角度スペクトル、及びこれに伴う照射システムの射出瞳の照射の強度に関する非対称性を補正できない。20

【発明の開示】**【発明が解決しようとする課題】****【0011】**

このように従来知られる全てのフィルタ素子は、瞳の特定の非対称性又は非対称な収差の補正、例えば、橢円形の非対称性の補正に限定されるという欠点があった。従来の瞳フィルタは、複雑な瞳照射の非対称性又は非対称な収差の補正には適していない。

【課題を解決するための手段】**【0012】**

本発明の第 1 の態様は、上述の問題を解決し、射出瞳又は射出瞳と共に瞳の照射光の非対称性を補正する瞳フィルタを提供することを目的とする。これは特に、射出瞳の放射で橢円形部だけでなく非対称性が発生する照射瞳に関する。30

【0013】

本発明によると、射出瞳と対応するフィルタ装置は、それぞれが、光源からレチクルなどの構造を有するマスクが配置された面まで照射システムを通過して進む投影光線束の光路に向かってほぼ半径方向に突出し、陰影効果をもたらす、複数のフィルタ素子を備える。個々のフィルタ素子を調整することによって、光線の光路における遮光効果、即ち、陰影の度合いを設定できる。

【0014】

フィルタ素子は、クラウン状に配置する、即ち、光路の外周部から光路の中心に向かう方向に導入することが好ましい。陰影効果は、光路におけるフィルタ素子の半径方向の挿入深さを設定するか、或いは、光路に非対称に形成されたフィルタ素子の向きの調整によって得られる。40

【0015】

更に好ましくは、フィルタ装置は、瞳の大きさに影響を与えないため、射出瞳の照射の値にも影響を与えない。これはフィルタ素子の寸法及び配置密度を、光路の外周部の領域において、各フィルタ素子の陰影幅の最大値が 2 つのフィルタ素子の間の距離の僅か 1 % から 5 % となるように選択して実現される。フィルタ素子は棒状の構成、即ち、横方向の寸法が通常、半径の寸法、即ち、光路に挿入する方向の寸法に対して小さい構成である50

。他方、フィルタ素子の好ましい寸法は、各フィルタ素子が特定の局部領域の瞳照射に影響を与えるように選択する必要がある。局部領域とは、瞳表面のパーセント数をいう。照射システムにおける射出瞳の非対称性の補正を最大限に可能にするためには、20を上回るフィルタ素子を備えたフィルタ装置を使用することが好ましい。

【0016】

光路に対する半径方向の挿入の深さを設定することによって、フィルタ素子の局部的な陰影効果を決定するという上述の方法の他に、代替として、或いは追加的にフィルタ素子を非対称、例えば、薄板の形状に構成し、入射角度、即ち、光路内のフィルタ素子の向きを制御してもよい。特に好ましい実施の形態では、フィルタ素子を、三角形の薄いパドルとして構成する。フィルタは2つの正反対の位置に向けることができる。一方の位置では、光路の光線は、三角形パドルの狭い方の側面にのみ入射する。この場合、フィルタ素子による遮光効果は最小となるため、投じられる陰影もまた最小となる。他方の位置では、パドルは光路を完全に覆うように回転できるため、投じられる陰影は最大となる。好ましい実施の形態では、鋭角を挟んだ先細の三角形の形状を用いて、光路の中心方向におけるフィルタ素子による遮光効果を首尾良く減少する。投じられる陰影については、フィルタ素子の向きの調整と共に、半径方向の挿入の深さの調整を組み合わせて設定できる。10

【0017】

外形上の構成として、フィルタ素子を、少なくとも一部の領域において部分的に透明に構成する、或いは支持されてない網状構造として構成できる。各フィルタ素子の幾何学的構成は、半径方向の挿入深さ及びその向きを設定することによって局部陰影の効果を可能な限り個別に調整できる自由度が与えられるようになっている。所望の設定及び向きを調整する作動部については、当業者には任意に選択可能である。例えば、ステッパモータ、圧電素子、スリップスティック装置によって実現できる。更に、有限な数の作動部によって位置が不連続となる効果を補正するため、回転可能に構成できる。20

【0018】

好ましい実施の形態において、フィルタ装置は、照射システムにおいて射出瞳又は射出瞳と共に役な瞳の周囲環境において、フィルタ素子により投じられる瞳面の陰影の少なくとも一部が部分陰影の効果を有するように配置される。このようにして、可能な限り正確な方法で、瞳の大きさなど他の瞳パラメータに与える影響をごく僅かにして、瞳照射の非対称な特性に所望の影響を与えられる。フィルタ装置の瞳面に対する距離の最大値は、フィルタ素子の部分陰影が光路の周囲領域において隣接するフィルタ素子の部分陰影の中心に到達するまでとする。このため、距離の最大値は、瞳照射における所定の角度分布による影響を受けることになる。30

【0019】

所定のしきい値を越えて長く距離を選択すると、個別のフィルタ素子と関連付けできる部分陰影領域は、次のフィルタ素子の部分陰影領域に到達し、これによって、非対称性の補正是一層困難になる。本出願では、光路方向への範囲 z とは、個別のフィルタ素子の部分陰影が光路の周囲領域において最大で半分重なり合う条件を満たす範囲に瞳に近接していることを意味する。範囲 z 内にある場合、フィルタ素子は瞳に近接している。40

【0020】

範囲 z の一方の限界値は瞳面自体によって予め画定され、他方の限界値は距離 z_{MAX} によって画定される。距離 z_{MAX} とは、それぞれのフィルタ素子の部分陰影が光路の周囲領域において僅かに互いに接触し合う瞳面からの距離である。

【0021】

個々のフィルタ素子の部分陰影は、陰影を投じることによって生成される。投じられた陰影とは、本明細書において、瞳フィルタの直後に配置される面に発生する陰影を意味する。

【0022】

本発明の第2の態様では、照射システム用のフィルタ装置が、照射システムの照射光路の様々な位置に導入可能な少なくとも1つのフィルタ素子を備え、フィルタ素子が、強度50

値を測定するセンサを有する。センサは、フィルタ素子に沿った照射光路の強度値を位置分解して測定する。フィルタ素子が照射特性（即ち、照射システムのフィールド面の照射）に与える影響は、測定したフィルタ素子の強度値から取得できる。本発明のフィルタ素子の支援によって、照射の照射特性として照射の橙円度、テレセン度及び透過性を測定できる。

【0023】

測定した強度を制御装置に読み込み、例えば、フィールド面又は瞳面において達成すべき照射の設定点の値と比較できる。これら設定点の値から、当該フィールド面及び／又は瞳面における照射を達成するためのフィルタ素子の設定点の位置が導かれる。フィルタ素子を備えたフィルタ装置を瞳フィルタとして用いる場合、かかる更なる発展的な実施の形態では、フィルタ素子の総合的な較正が回避される。フィルタ装置の構成は、照射モード、特にフィールド面及び／又は瞳面において特定の照射を実現するフィルタ素子の位置に極めて強く依存するため、かかる較正は必要である。例えば、環状、又は四極性照射等の照射の種類を照射モードと呼ぶ。更に、補正システムの導入後、或いはクライアント側の場所で交換を行った場合であっても、納品時に測定した作動位置の有効性を依然として有效地に保つため、フィルタ装置を照射システムに対して正確に調整することは不要となる。

【0024】

好ましくは、強度値を測定するセンサを、電力センサ、例えば、フォトダイオードセンサとして構成する。センサは、好ましくは、棒状の形状に構成したフィルタ素子の端部に配置できる。

【0025】

好ましくは、センサは制御装置と接続し、センサと制御装置の間を接続する電線又は無線を介して信号を送受信できるようになっている。

【0026】

上述のようにセンサを棒状フィルタ素子の端部に設けた場合、棒状フィルタ素子を照射光路に挿入することによって吸収される光強度は、棒状のフィルタ素子が被照射領域外部の所定の位置から同位置にほぼ連続して移動する際に測定された測定値とセンサの位置に応じて測定された強度を積分して求められる。

【0027】

次に、更なる発展的な実施の形態では、棒状フィルタ素子は、略点状のエネルギーセンサ、例えば、フォトダイオードセンサのライン又はCCDラインによって完全に覆うことができる。本実施の形態は、フィルタ素子が照射光路に移動する際に棒状フィルタ素子の位置に依存した吸収強度を測定できるという利点を有する。

【0028】

センサを棒状部の端部に取り付けただけの棒状フィルタ素子を続けて挿入する必要はなくなる。

【0029】

エネルギーセンサは、フィルタ素子の正確な位置を測定するためのみに必要とされるので、常時同一照射モードで放射する場合にはセンサを守るため、更に展開した実施の形態においては、フィルタ素子を、測定を実行した後は、フィルタを180°回転して、センサがフィルタ素子の陰影に位置するようにして、センサを破損しないように保護する。

【0030】

上述のように、更なる発展的な実施の形態において、フィルタ素子、特に棒状フィルタ素子にセンサを設けた場合、フィルタ素子によって吸収される光の割合を、自由に選択した、しかし、フィルタ素子に沿って固定した座標系で位置分解して測定できる。この情報に基づいて、設定した照射モードにおけるフィルタ素子の設定点の位置の算出を行い、フィールド照射光及び／又は瞳照射光を所望の状態に補正できる。フィールド補正の場合、個別のフィルタ素子をフィールドの光分布に移動して、強度の走査積分値を補正する。

【0031】

センサをフィルタ素子に取り付けることによって、更に、瞳の端部を決定し、その端部

10

20

30

40

50

でセンサから被照射領域への移行を測定できる。

【0032】

これによって、照射システムに対して補正部を極めて正確に調整できる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0033】

図1に、参照番号1によりその全体が指示されたマイクロリソグラフィ用投影露光システムを示す。この投影露光システムは、レチクル2の構造をウェーハ3の表面へ透過するために用いられる。投影露光システム1の光源は、例えば波長193.3nmのArFエキシマレーザなどのUVレーザ4である。これにより放射される照射光線束は先ず、照射光学部品6に入射する。図示を明瞭にするため、照射光線束5の光路をUVレーザ4と照射光学部品6との間にのみ示す。照射光学部品6は、単にブロックの形で図1に概略的に示したが、照射光線束5を均質化するための、ズーム対物光学系、回折光学素子又は光インテグレータなどの複数の光学モジュールを含むことができる。
10

【0034】

照射光学部品6を通過する際、照射光線束5は、瞳面13内、または瞳面13近接に設けられたフィルタ装置を通過する。以後、このフィルタ装置を瞳フィルタ7と呼ぶ。本発明に従って構成されたこの瞳フィルタについて詳細に説明する。本実施の形態では、瞳フィルタ7は、瞳面13の前に配置される。瞳フィルタ7の位置を、以後、フィルタ面とも呼ぶ。照射光線束5は、その後にレチクル2を照射する。レチクル2の構造は、投影光学部品8の補助によってウェーハ3表面へ投影される。投影光学部品8は、複数のレンズ及び/又は鏡によって構成できる。
20

【0035】

投影光のうち、レチクル2上の中央オブジェクトポイントを通過し投影光学部品8によって導かれる光線束を、参照番号9によって図1に示す。投影光線の進む光路を明瞭にするため、反対方向、即ち、照射光学部品6に向かいその内部に入る方向に少し延長している。レチクル2は、破線により図1に示される投影光学部品8の物体面10に配置する。ウェーハ3は、これも破線により示される投影光学部品8の結像面11内に配置する。投影光学部品8の瞳面12も、図1に概略的に示す。瞳面12は、照射光学部品6内の瞳面13に対して共役な関係になっている。瞳面12はまた、投影光学部品8の入射瞳とも呼ばれる。
30

【0036】

投影露光システム1の光軸は、図1において参照番号14を付し、破線により示す。部分的に透明な光学プレート40を、図示の投影露光システムでは、UVレーザ4と照射光学部品6との間の光路に設ける。このプレートは、照射光線束5を僅かに反射するが、照射光線束5の殆ど(大抵は99%を超える)を透過する。光学プレート40を透過する照射光線束5の光路については、重要でないため、僅かしか示していない。

【0037】

破線により示される光学プレート40によって反射された照射光線束5の反射成分は、投影光学部品15によって2次元CCDアレイ16上へ投影される。このCCDアレイは、鎖線により示される信号線17を介して制御装置18と接続している。制御装置18は、これも鎖線により示される信号線19を介して駆動装置20を制御する。駆動装置20は、これも鎖線により示される駆動接続部21を介して瞳フィルタ7又は当該瞳フィルタの個々の素子を駆動して、非対称補正を行う。
40

【0038】

物体面10における投影束9の照射強度及び照射角の分布を測定するCCDアレイ16の代わりに、又はCCDアレイ16に追加して用いることができる検出装置30は、図1において、投影光線の光路の外側の非動作位置に示される。検出装置30は、レチクル2を移動した後(二重矢印31により図示されるように)、駆動装置(図示せず)によって当該光学部品の光路内へ、通常はレチクルを照射する投影束(例えば、投影束9)を検出装置30内部に取り込む入口開口部32が物体面10に対向し、光軸14に垂直となるよ
50

うに移動可能である。

【0039】

検出装置30は、可撓性のある信号線33を介して制御装置34と接続している。制御装置34は、他方では、鎖線により示される信号線35によって制御装置18と接続している。

【0040】

本発明の他の代替の実施の形態においては、ウェーハも配置される投影光学部品8の結像面11における照射強度を測定する検出装置34を設けることもできる。

【0041】

図2ないし図7を参照して、非対称性補正のための瞳フィルタ7として使用可能な実施の形態のフィルタ装置の構成について説明する。

【0042】

図2に、第1の実施の形態のフィルタ装置である瞳フィルタ100を示す。瞳フィルタ装置100は、個別に調整可能な複数のフィルタ素子を有する。本実施の形態のフィルタ装置は、射出瞳又は射出瞳と共に配置するのが好ましい。個々のフィルタ素子は、外側から光路に挿入するのが好ましい。本実施の形態では、フィルタ素子103は各々、棒状に構成されている。フィルタ素子103の放射方向に対して直角なアジマス方向における寸法は、半径方向の伸長寸法よりも明らかに短い。

【0043】

図2の瞳フィルタ100に、半径方向R及びアジマス方向 を示す。

10

【0044】

本発明の第1の実施の形態において、フィルタ素子103は、必要とする非対称性の補正に応じて、フィルタ装置100の外周104から光路の光軸HAに向かう方向に挿入される。但し、図示の実施の形態では、フィルタ素子103を挿入する方向は、半径方向Rと一致する。さらに、フィルタ素子103の寸法dは、好ましくは、アジマス方向 において隣接する2つの単独のフィルタ素子103.1, 103.2の間の距離Dよりも小さく選択する。フィルタ装置100の外周104領域における距離を、2つのフィルタ素子103.1, 103.2間の距離Dとみなす。横方向の距離dは、フィルタ素子相互の距離Dの1%から5%であり、特に好ましくは、第1のフィルタ素子103.1と隣接する第2のフィルタ素子103.2との距離Dを100mmとした時、個々のフィルタ素子103.1, 103.2の幅dは1mmないし5mmである。このような寸法設定を選択すると、フィルタ装置のフィルタ素子103.1, 103.2の個別の設定によって、瞳ササイズそのものに影響を及ぼすことなく、所望とする局部的強度調整による瞳照射の非対称性補正が可能となる。

20

30

【0045】

図2に示す本発明の実施の形態では、それぞれの個別のフィルタ素子103をフィルタ装置内へ半径方向Rに異なるが、相応の程度に挿入できるようにして、瞳照射を補正又は設定する。それぞれ個別に半径方向の挿入の深さを設定できるように、各フィルタ素子103はそれぞれの作動部113と対応している。この作動部113を用いて、各フィルタ素子の光路に対する半径方向Rの挿入の深さTを個別に設定できる。図4に、個別の棒状フィルタ素子103を、直線移動、即ち、フィルタ素子100の半径方向Rに変位移動する駆動部を有する作動部113と連結した状態で示す。本発明の実施の形態において、半径方向に移動するための作動部を有するフィルタ素子を当該複数のフィルタ素子の一部のみとし、その他のフィルタ素子は固定して構成できることをも明らかである。

40

【0046】

図2に示すフィルタ装置100において、鎖線132は最大深さTMAXを示す。個々のフィルタ素子103は、このTMAXで示す深さまで、フィルタ装置100、特に瞳フィルタの中心Mに向かって半径方向に移動可能である。

【0047】

図2に示すように、当該最大深さをTMAXとして、フィルタ素子103が本実施の形

50

態に示す光路の光軸 H A にほぼ達する距離を選択する。個々のフィルタ素子 103 は、フィルタ装置 100 内へ最大深さ T M A X にまで移動したときに他と重なることのない、或いは触れることのないことが好ましい。最大限設定可能な陰影は、最大深さ T M A X によってフィルタ素子 103 の各々について予め決定される。

【0048】

図 3 に、図 2 に示す本発明のフィルタ装置が可能な設定を示す。図 2 と同様の構成要素には、同様の参照番号を付している。個々のフィルタ素子 103 は、フィルタ装置が配置された面を通過する照射光線束の断面 106 内へ、それぞれ異なるが相当程度突出することが示されている。図 1 に示すように、照射光線束は、光源から、構造を有するマスク（例えばレチクル）が配置される面へ進む際に当該照射システムを通過する。本実施例では、照射光線束が有する断面 106 を円形としているが、本発明はこれに限定されない。この円形断面は、円形周囲エッジ 107 を有する。

10

【0049】

図 3 に、照射光線束の断面 106 を等高線 109 によって示す。等高線 109 の密度は、当該光線束の断面の光強度の変化の程度に相当する。ここに描かれた図において、光強度を示す等高線の間隔が狭いほど概して光強度の急激な減少が生じている。

【0050】

円形照射光 の場合、半径方向 R に対する放物線状の断面が得られる。

【0051】

棒状フィルタ素子を照射光に導入することによって、円弧方向において照射光がより大きく遮光され、これにより回転対称性の照射光が得られる。図 3 において光路の断面 106 として円形のものを示したが、これは例示に過ぎず、本発明を限定するものではなく、リソグラフィシステムにこれ以外のものも使用可能であることは明らかである。

20

【0052】

図 5 に、本発明の更なる有利な実施の形態のフィルタ装置 200 を示す。この場合、図 2 ないし図 4 に示すフィルタ装置とは異なり、フィルタ素子を半径方向に移動させることによって照射光線束の光路上に陰影を発生させてはいない。その代わり、照射光線束の光路におけるフィルタ素子の向きを制御することによって照射光線束の光路上に陰影を発生させてはいる。このため、フィルタ装置 100 のフィルタ素子 203.1, 203.2 及び 203.3 は、非対称に構成されている。非対称の構成とは、当該光路内へ突出するフィルタ素子 203.1, 203.2 及び 203.3 の一部が、第 1 の方向 202.1 と垂直な第 2 の方向 202.2 と対比される、半径方向 R に垂直な第 1 の方向 202.1 に異なる延在部を有することと理解する。これを、フィルタ素子 203.3 によって示す。フィルタ素子 203.3 は、第 1 の方向 202.1 及び第 2 の方向 202.2 の双方を示す。図 5 に示すように、フィルタ素子は、薄板形状に構成可能である。特に、この薄板が三角形で鋭角を有する先細のテーパ状であることが好ましい。図 5 に示す個々のフィルタ素子 203.1, 203.2, 203.3 の設定は、フィルタ装置 200 の中心点 M に向かってフィルタ素子各々を通って半径方向 R に延在する回軸 RA.1, RA.2, RA.3 を中心として、それぞれのフィルタ素子を回転することによって行われる。図 5 に示すように、種々のフィルタ素子 203.1, 203.2, 203.3 は、それぞれ異なる方向を向いている。フィルタ素子 203.1 は狭い方の側面に投影露光束が入射するよう 示されており、これは第 1 のフィルタ素子 203.1 によって投じられる陰影が最小であることを意味する。第 2 のフィルタ素子 203.2 は、フィルタ素子 203.1 に対して、軸 RA.2 を中心として約 45° 回転しており、この結果、フィルタ素子 203.2 によって瞳フィルタ後方の面に投じられる陰影が、フィルタ素子 203.1 によって投じられる陰影より大きくなっている。陰影を投じられるとは、本明細書において、瞳フィルタの直接後方に位置する面に陰影が発生することを意味する。第 3 のフィルタ素子 203.3 は、光路に対して 90° の角度になるまで完全に回転した状態で示されており、これによってフィルタ素子は放射光を最大限遮光し、局所的に最大限の陰影が投じられる。

30

【0053】

40

50

図 6 に、図 5 に示す個別のフィルタ素子 203 の 3 次元視界を示す。

【0054】

図 6 に示すフィルタ素子 203 は、長さ L が幅 B 及び厚さ D よりも格別に長い、三角形の形状である。本発明によると、本実施例の延在部は X 方向で示す第 1 の方向の方が、Y 方向で示す第 2 の方向よりも大幅に長い。

【0055】

図 6 に更に、部分回転軸 R A を示す。フィルタ素子 203 は当該軸を中心に回転して、瞳フィルタ後方の面に陰影を様々な投じることができる。図 6 に更に、瞳フィルタの中心 M と、本実施例の作動部として、フィルタ素子 203 を回転軸 R A を中心に動かす電気モータ 231 を示す。

10

【0056】

光路内に放射状に挿入可能なフィルタ素子と、光路内の向きを制御可能なフィルタ素子との様々な組み合わせ、即ち、図 2 から図 4 を参照して説明した実施の形態と図 5 から図 6 を参照して説明した実施の形態を組み合わせた構成も可能である。更に、フィルタ素子を、図 6 に示す中実体 (solid body) として配置するだけでなく、全体的に、或いは特定領域の部位のみを部分的に透明に構成することも可能である。

【0057】

図 7 に、かかるフィルタ素子を示す。図 6 と同様の構成要素には、同様の参考番号に 100 を加えて付している。第 1 の領域 305.2 は、中実体として構成され、第 2 の領域 305.1 は、棒状体 307 とともに部分的に透明に構成される。

20

【0058】

特に好ましくは、十分に微細な格子によって部分的な透明性を作ることである。図 7 に示す実施の形態のように、境界部に構造体が追加されることにより部分的に透明な効果が減少することを避けるため、自己支持型の格子が好ましい。

【0059】

図 8 a に、本発明の瞳フィルタ 552 を備えた、瞳照射の非対称性を補正する照射システムを示す。図 8 a では、照射システムを構成する個別の光学部品を図 1 より詳細に示しているが、照射システムは依然として非常に簡略化して示している。

【0060】

参考番号 510 によって全体が示される照射装置は、例えば 193 nm 又は 157 nm の紫外線スペクトル範囲の波長有する単色で強力に（但し完全ではない）コリメートされた光を発生するエキシマレーザとして構成される光源 512 を有する。この光源は、偏光された光を放射できる。

30

【0061】

光源 512 により発せられた光は、ビーム拡大器 514 によって矩形でほぼ平行な束の光線に拡げられる。ビーム拡大器 514 は、例えば調整可能なミラー装置で構成してもよい。こうして拡げられた光は、その後、例えば欧州特許第 E P 0 7 4 7 7 7 2 A 1 号に開示されているように、2 次元ラスタ構造を有する回折光学素子で構成可能な第 1 の光学ラスタ素子 516 を透過する。この第 1 の光学素子は、当該照射システムに、エタンデュ (etendue) 即ち、いわゆる光コンダクタンス値 (light conductance value) を導入するために用いられる。このレーザビームは、回折光学素子の各位置で、例えば -3° 乃至 +3° の間の所定の角度範囲で、回折される。回折光学素子の角度放射特性は、回折光学素子の回折面構造の設計によって、ズームアキシコン対物光学系の瞳面 550 に二極性又は四極性分布のような強度分布が設けられるよう決定される。光源 512 から発せられた光は、発散分布を設定する上記第 1 の光学ラスタ素子 516 によって、円形、環状又は四極性の発散分布に変換される。偏光レーザなどの偏光光源を介在した照射が望まれる場合、当該レーザ光の偏光を解消するために減偏光子を用いることができる。かかる減偏光子は、例えば、複屈折材料によりなる第 1 のカメラウェッジと、第 1 のカメラウェッジにより導入される角度を補償する複屈折材料又は非複屈折材料によりなる第 2 のカメラウェッジとからなる。

40

50

【 0 0 6 2 】

第1の光学ラスタ素子516をズームアキシコン対物光学系520の物体面518に配置して、照射角の分布を変えて、これによって瞳の照射光を更に形成できるようにしている。このため、ズームアキシコン対物光学系520は、対をなすとともに相対的に移動可能な2枚のアキシコンレンズ522，524を備える。

【 0 0 6 3 】

アキシコンレンズ522，524は、2枚の円錐レンズを有することができる。これら2枚の円錐レンズを空気分離するように設定することによって、光エネルギーを外部領域へシフトできる。光のない孔又は領域が、当該瞳面における照射の光軸の中央付近（即ち、いわゆる環状部位）に作られる。

10

【 0 0 6 4 】

図8aに示す照射システムは、ズームアキシコン対物光学系とアキシコンレンズ522，524との間に瞳面550を有し、この瞳面は瞳面530と共に役で、かつ照射システム510の射出瞳560と共に役の関係となる。本発明の瞳フィルタ552は、非対称性又は非対称な収差を補正するためにこの瞳面550内又は瞳面550近傍に配置される。非対称性又は非対称な収差を補正するための瞳フィルタは、当該システムに存在するもう1つの瞳面内又はその近傍に配置することもできる。本実施例では、瞳フィルタ552は、瞳面550まで距離 z の距離にある。距離 z は、範囲 z 内にあり、範囲 z の一方の限界値は瞳面550によって画定され、他方の限界値は距離 z_{MAX} によって画定される。距離 z_{MAX} とは、個々のフィルタ素子の部分陰影が光路の周囲領域において最大で半分重なる距離である。

20

【 0 0 6 5 】

図8bに、これをより詳細に示す。図8aと同様の構成要素には、同様の参照番号を付している。光源（図示せず）によって射出され、第1の光学ラスタ素子516に入射する照射光線束513が明確に示されている。物体面518及び瞳面550が示されている。図8bに示される構成において、フィルタ装置（即ち、図3に参照番号100を付して例示として示された本発明の瞳フィルタ552）は、面553に距離 $z = Z_{MAX}$ において当該瞳面の前に配置されている。フィルタ装置552の配置位置を決定する瞳面550から離間可能な距離 Z_{MAX} は、フィルタ装置552のそれぞれのフィルタ素子103.1, 103.2（図3）によって投じられる部分陰影580.1, 580.2が瞳面550において最大で半分重なるように与えられる。光線束582.1及び582.2の周縁光線は、参照番号582.1.1, 582.1.2, 582.2.1, 582.2.2で示す。

30

【 0 0 6 6 】

図8cに、面553における図8a及び図8bのフィルタ装置550と同様のフィルタ装置100の上面図を示す。図3と同様の構成要素には、同様の参照番号を付している。個別のフィルタ素子103.1, 103.2が示されている。この図にまた、照射光106.2の断面も示す。図8cに示す面553における照射光106.2は環状であり、縁部107.1及び107.2により限定される。

40

【 0 0 6 7 】

面553が瞳面550から距離 $z = Z_{MAX}$ 離間して配置される場合、図8cに示す照射光を用いると、図8dに示す照射光106.3が、瞳面550で断面として得られる。部分陰影の効果によって、瞳面における照射光106.3の強度分布が、フィルタ素子109.1, 109.2の数に対応する数の極小部198.1, 198.2及び極大部199.1, 199.2となって、照射が平坦化されたことが明らかに認められる。図8cと同様の構成要素には、同様の参照番号を付している。 Z_{MAX} は、当該フィルタ装置のそれぞれのフィルタ素子によって投じられる部分陰影が当該瞳面において最大で半分重なるときの距離として定義される。

【 0 0 6 8 】

第2の対物光学系528は、図8aに示す照射システムの光路で、ズームアキシコン対

50

物光学系 520 の後方に配置され、第1の瞳面 550 を第2の瞳面 530 に投影する。第2の光学ラスタ素子 532 は、上記第2の瞳面 530 に配置される。第2の光学ラスタ素子 532 は、マイクロレンズアレイ又はハニカム状集光レンズ等の光学素子から構成してもよい。第2の光学ラスタ素子 532 を用いて第2の対物光学系 528 から入射する光の発散度を方向に応じて選択的に増大させ、例えば、フィールド面 536 に矩形照射光を得ることができる。フィルタ素子は、全てのフィールド点において均等に最大の効果を得るため、好ましくは、このようにフィールドを生成するラスタ素子の前に配置されるのが好ましい。

【0069】

フィルタ装置を瞳面 550 内又は瞳面 550 近傍に配置する実施の形態の代替例として
10 本発明のフィルタ装置 552 は、第2の瞳面 530 内又は第2の瞳面 530 近傍、例えば、第2の対物光学系 528 と第2の瞳面 530との間に配置できる。

【0070】

図 8 aにおいて、ラスタ素子 532 は、エタンデュ、即ち、いわゆる光コンダクタンス値を変える、照射装置 510 における最後の光学素子である。したがって、照射装置 510 による最大のエタンデュはラスタ素子 532 後方で得られる。第2の光学ラスタ素子 532 の後方で得られるこのエタンデュは、第1の光学ラスタ素子 516 と第2の光学ラスタ素子 532 との間のエタンデュの概ね 1 % から 10 % に過ぎない。これは、第2の対物光学系 528 を通過する光が依然として比較的に強くコリメートしていることを意味する。したがって、第2の対物光学系 528 を非常に簡単で安価に構成できる。
20

【0071】

光伝播方向で第2の光学ラスタ素子 532 後方に、第3の対物光学系 534 が配置され、そのフィールド面 536 には、調整可能なナイフエッジを備えた既知のマスク装置 538 が設けられている。マスク装置 538 は、投影光によってレチクル 540 上に貫通して投影される領域の形状を決定する。第4の対物光学系 542 は、当該ナイフエッジにより画定される領域をマスク面 540 に投影するために用いられる。

【0072】

或いは、ビームを均質化するためにガラスロッド（図示せず）を、第3の対物光学系 534 とマスク装置 538 との間に挿入できる。

【0073】

図 8 に、照射システム 510 全体の射出瞳を参考番号 560 で示す。この照射システムの全ての瞳面 530, 550 は、射出瞳 560 に対する共役面である。照射システムの射出瞳 560 は、レチクル 540 を物体面 562 の感光性オブジェクト 564 上に投影する投影対物光学系 570 の入射瞳と一致する。
30

【0074】

感光性オブジェクト 564 は、感光層で被覆した半導体ウェーハでもよい。

【0075】

投影対物光学系として出願公開番号第 D E 10151309 号に記載の対物光学系を用いる。この出願は、参照により本願明細書に全体が包含される。

【0076】

図 9 a 乃至図 9 b に、図 8 a に示す照射システムで瞳面 550 と共に射出瞳 560 に生じる二極状の瞳照射の例を示す。図 9 a は、本発明によるフィルタ素子によって補正を行う前の射出瞳 560 における非対称な瞳照射を示す。図 9 b は、当該光路内へ挿入されるフィルタ素子の位置を示しており、このフィルタ素子は、瞳面の前方に本発明に従った距離をおいて位置するため、部分陰影しか生じない。さらに、これにより奏される強度の局部的低下が示されており、その一部は射出瞳 560 における瞳照射の対称性をもたらしている。なお、図 2 ないし図 7 に示したように、個々に制御可能な 10 個、好ましくは 20 個、又はこれを上回る数のフィルタ素子を有するフィルタ装置が本発明においては好適であるので、ここで示したもののは極めて簡単な例に過ぎないことに留意されたい。
40

【0077】

10

20

30

40

50

瞳面内ではなく、その外部に、即ち、距離 z をおいて瞳面に近接してフィルタ装置を配置することは特に好ましい。この場合、部分陰影の効果が生じる。瞳面近傍に配置するだけなので、当該瞳の形状に対する影響は極めて少ない。他方、瞳の非対称性を補正するために必要な輝度補正は行われる。したがって、本発明によるフィルタ装置を瞳面に近接する配置は好ましい。また、フィルタ装置の全てのフィルタ素子が一つの面に設けないようにすることができる。これは、個々のフィルタ素子が光線の伝播方向に対して相互に距離をおけることを意味する。この結果、指定したフィルタ素子を、所定の部分陰影領域に関連づけることができる。本発明のさらなる展開によれば、フィルタ素子を光線束の方向に個別に移動させて、各フィルタ素子に対応する個別の部分陰影を様々に調整できる。

【0078】

10

図10に、棒状フィルタ素子 1003.1, 1003.2, 1003.3, 1003.4, 1003.5, 1003.6, 1003.7, 1003.8 にセンサを配置した本発明の実施の形態を示す。

【0079】

棒状フィルタ素子 1003.1, 1003.2, 1003.3, 1003.4, 1003.5, 1003.6, 1003.7, 1003.8 にはセンサが、それぞれの端部 1004.1, 1004.2, 1004.3, 1004.4, 1004.5, 1004.6, 1004.7, 1004.8 に配置される。棒状フィルタ素子 1003.3 には、その棒状フィルタ素子全体に、センサ 1005.3.1, 1005.3.2, 1005.3.3, 1005.3.4, 1005.3.5, 1005.3.6, 1005.3.7, 1005.3.8 が設けられる。

20

【0080】

センサ 1005.1, 1005.2, 1005.3.1, 1005.3.2, 1005.3.3, 1005.3.4, 1005.3.5, 1005.3.6, 1005.3.7, 1005.3.8, 1005.4, 1005.5, 1005.6, 1005.7, 1005.8 は、フィルタ素子に沿った照射光路の強度値の測定を位置分解するように行う。フィルタ素子から測定される強度値によって、橙円度、テレセン度及び透過性といった照射特性に対するフィルタ素子の影響を導き出すことができる。

【0081】

30

図10に更に、パーソナルコンピュータとして構成され、この図示の例ではリード 1012.1, 1012.2 によってセンサ 1005.1, 1005.8 と接続した制御装置 1010 を示す。

【0082】

センサ 1005.1, 1005.8 により測定された強度値を、制御装置 1010 に読み込み、当該フィールド面又は瞳面において達成すべき照射の設定点の値と比較できる。これら設定点の値から、当該フィールド面及び / 又は瞳面における照射を達成するためのフィルタ素子の設定点の位置が導かれる。そして、棒状フィルタ素子は、この測定値に基づいて、作動部（図10には示されていない）によってそれぞれの設定点の位置に移動される。

【0083】

40

好ましくは、センサ 1005.1, 1005.2, 1005.3.1, 1005.3.2, 1005.5.3, 1005.5.4, 1005.5.5, 1005.5.6, 1005.7, 1005.8 は、強度値を測定する電力センサ例えばフォトダイオードセンサとして構成される。

【0084】

第2の棒状フィルタ素子 1005.3 では、この棒状フィルタ素子は略点状の電力センサによって完全に覆われる。センサ 1005.3.1, 1005.3.2, 1005.3.3, 1005.3.4, 1005.3.5, 1005.3.6, 1005.3.7, 1005.3.8 は、フォトダイオードセンサのライン又はCCDラインとして構成される

50

。かかる構成は、照射光路内にフィルタ素子が移動することによって発生しうる棒状フィルタ素子の位置に応じた吸収強度を測定できるという利点を有する。

【0085】

電力センサはフィルタ素子の正確な位置を測定するためにのみ必要とされるので、常時同一照射モードで放射する場合にはセンサを守るため、更に展開した実施の形態においては、フィルタ素子をその独自の軸を中心として回転できるようにして、測定を実行した後は、フィルタを180°回転して、センサがフィルタ素子の陰影に位置するようにして、センサを破損しないように保護することもできる。

【0086】

棒状フィルタ素子が電力センサを具備する図10に示すフィルタ装置は、上述のように瞳面を照射するフィルタ素子として使用できる。また、フィールド面における照射光が本発明の瞳フィルタ素子によって補正されるようにフィルタ素子を構成することもできる。
10

【0087】

センサとしてフォトダイオードセンサを用いる場合、ダイナミックレンジでダイオードを過度に駆動することを回避するため、本発明の好適な実施の形態においては、例えばレーザ光源などの光源の後で、照射光学部品の前に可変減衰器を設けることもできる。

【0088】

以上、実施の形態を参照して本発明を説明したが、本発明は当該実施の形態に限定されるものではなく、本願は、請求項によって当業者に開示される变形及び変更をも含むものである。
20

【図面の簡単な説明】

【0089】

【図1】投影露光システムの概略的外観を示す図である。

【図2】本発明による瞳フィルタの放射状に変位可能なフィルタ素子の配置を示す図である。

【図3】様々に設定されたフィルタ素子を備えた図2の瞳フィルタを示す図である。

【図4】単一のフィルタ素子を示す図である。

【図5】各対応の長手軸について回転可能な放射状に方向づけられたフィルタ素子を備えたフィルタ装置の構成を示す図である。
30

【図6】回転可能なフィルタ素子の3次元視界を示す図である。

【図7】透明領域を備えたフィルタ素子の3次元視界を示す図である。

【図8 a】投影露光システムの関連の光学部品を示す図である。

【図8 b】図8 aによる投影露光システムの陰影を詳細に示す図である。

【図8 c】フィルタ装置が配置される面における瞳フィルタ及び照射光の断面を示す図である。

【図8 d】瞳面における照射光の断面を示す図である。

【図9 a】二極性照射についての図8 aに示されるような投影露光システムの射出瞳の補正されていない照射を示す図である。

【図9 b】二極性照射についての図8 aに示されるような投影露光システムの射出瞳の補正された照射を示す図である。
40

【図10】個々の棒状素子に適用される略点状センサを備えたフィルタ装置の実施の形態を示す図である。

【図1】

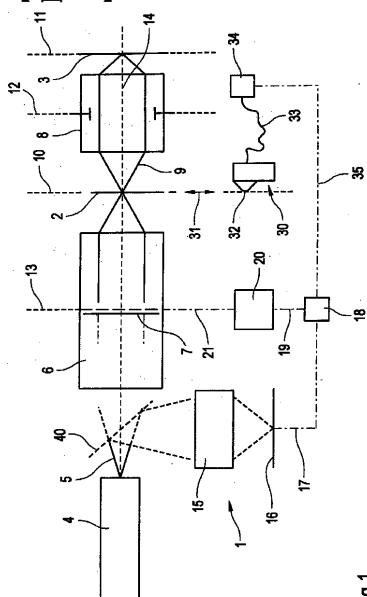


Fig.1

【図2】

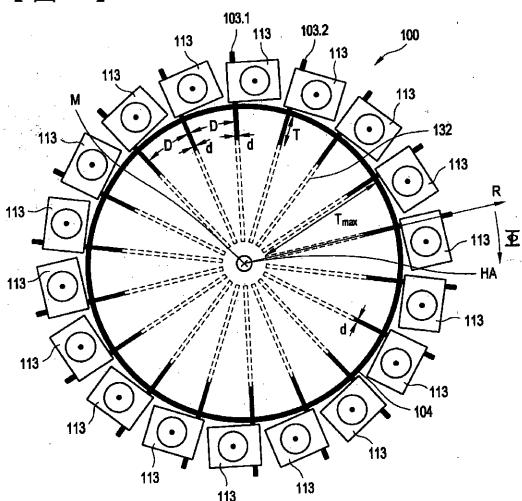


Fig.2

【図3】

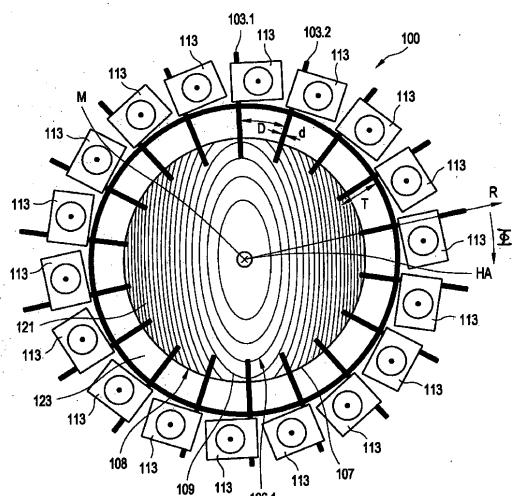
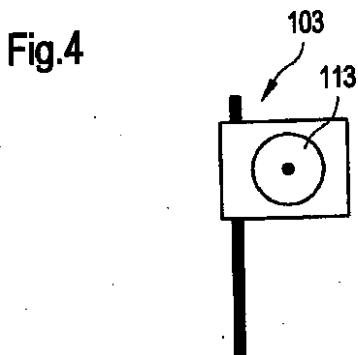
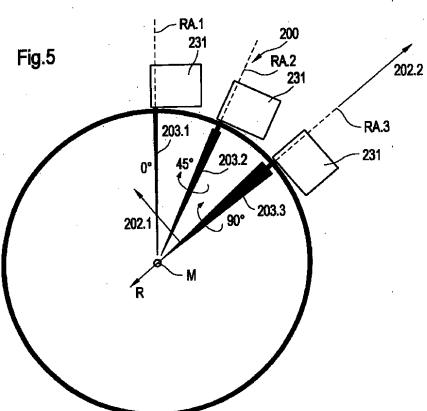


Fig.3

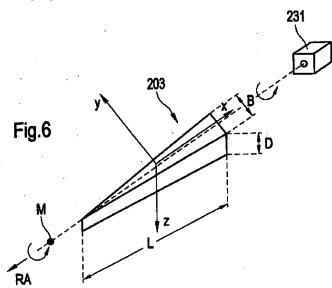
【図4】



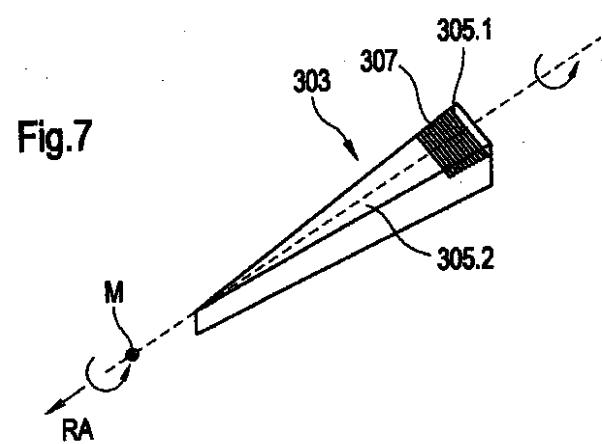
【図5】



【図6】



【図7】



【図8a】

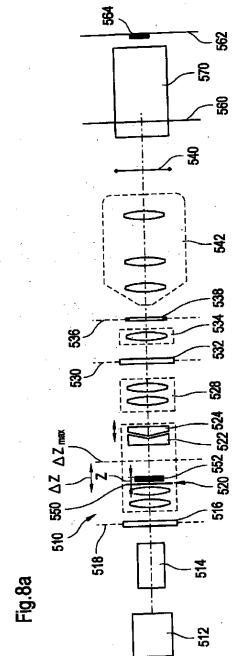


Fig.8a

【図8b】

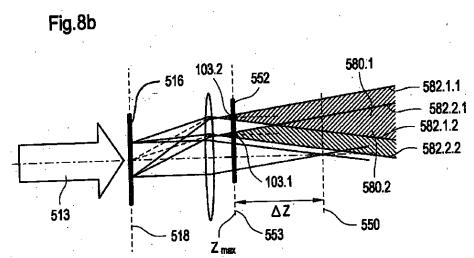


Fig.8b

【図8d】

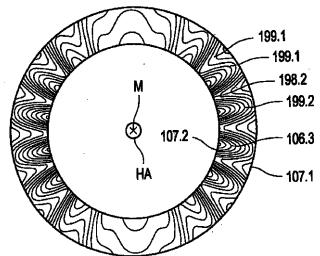


Fig.8d

【図8c】

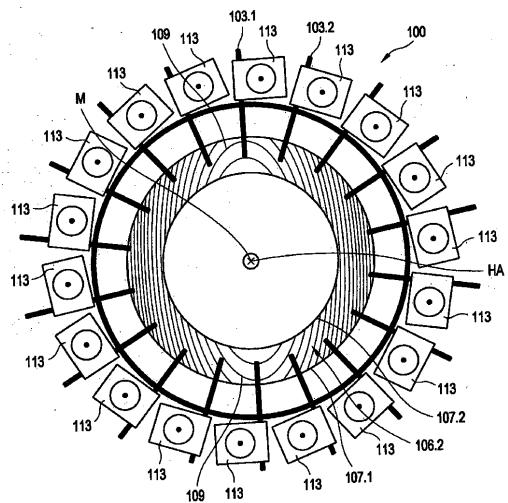


Fig.8c

【図9a】

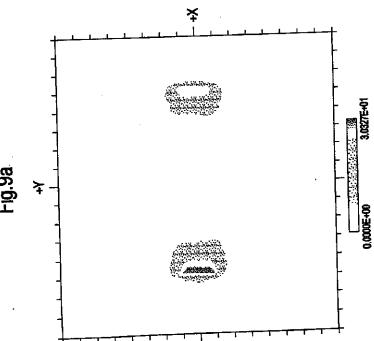
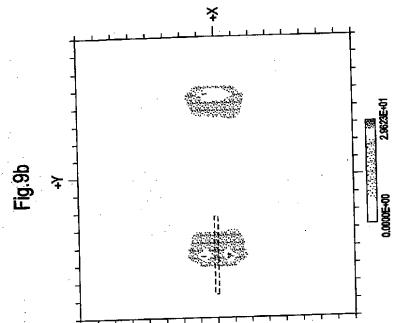
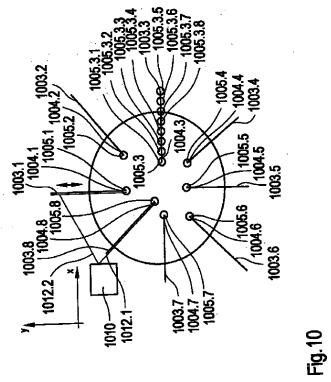


Fig.9a

【図 9 b】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 マウル マンフレッド
ドイツ連邦共和国 アーレン エルハウエグ 29

(72)発明者 フィオルカ ダミアン
ドイツ連邦共和国 オベルコッヘン ヘッケンロゼンウェグ 36

審査官 吉田 英一

(56)参考文献 特開2004-128449(JP,A)

特表2005-510861(JP,A)

特開2003-178969(JP,A)

特開昭59-028337(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G02B 26/02

G03F 7/20