

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5026788号
(P5026788)

(45) 発行日 平成24年9月19日(2012.9.19)

(24) 登録日 平成24年6月29日(2012.6.29)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 3 1 A

請求項の数 11 (全 29 頁)

(21) 出願番号	特願2006-521398 (P2006-521398)	(73) 特許権者	503263355
(86) (22) 出願日	平成16年4月13日 (2004.4.13)		カール・ツァイス・エスエムティー・ゲー
(65) 公表番号	特表2007-500432 (P2007-500432A)		エムペーハー
(43) 公表日	平成19年1月11日 (2007.1.11)		ドイツ連邦共和国、7 3 4 4 7 オベルコ
(86) 国際出願番号	PCT/EP2004/003854		ッヘン、ルドルフ・エーバー・シュトラ
(87) 国際公開番号	W02005/015314		セ 2
(87) 国際公開日	平成17年2月17日 (2005.2.17)	(74) 代理人	100082005
審査請求日	平成19年4月11日 (2007.4.11)		弁理士 熊倉 禎男
(31) 優先権主張番号	10334722.4	(74) 代理人	100067013
(32) 優先日	平成15年7月30日 (2003.7.30)		弁理士 大塚 文昭
(33) 優先権主張国	ドイツ (DE)	(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】 マイクロリソグラフィの照明システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 1 nm から 1 4 nm の範囲の波長を有する光で、フィールド面のフィールドを照らす EUV リソグラフィ用の、照明システムであり、

少なくとも 1 つの光インテグレータは、光源から放射された光バンドルを、各々の光強度を有する複数の光チャンネルに分割し、

前記光インテグレータは、複数の第 1 のラスタエレメントを備えた少なくとも 1 つの第 1 の光学エレメントと、複数の第 2 のラスタエレメントを備えた第 2 の光学エレメントとを備え、

前記第 1 のラスタエレメントを、直接又は少なくとも 1 つの中間像を介して、前記フィールド面に投影し、

前記光源から前記フィールド面への光路にフィルタが設けられ、該フィルタはフィルタエレメントを備え、該フィルタエレメントは、該フィルタエレメントの後の光路で少なくとも 1 個の光チャンネルの光強度が減少するように構成されており、

前記フィルタエレメントは、複数の前記第 1 のラスタエレメントの前に、前記第 1 のラスタエレメントと一対一に対応する関係で配置された複数の絞りであり、

前記フィルタエレメントは、光チャンネルの拡張を走査方向において変えるものである、ことを特徴とする、照明システム。

【請求項 2】

前記光強度の減少は、位置に依存するものである、請求項 1 に記載の照明システム。

10

20

【請求項 3】

前記フィルタエレメントの後の少なくとも 1 つの光チャネルの光強度は、
前記フィルタエレメントの前のそれぞれの光チャネルにおけるそれぞれの光強度の 0 %
より大きく且つ 100 %より小さい範囲で減少していることを特徴とする、請求項 1 又は
2 に記載の照明システム。

【請求項 4】

前記フィルタエレメントの後の少なくとも 1 つの光チャネルの光強度は、
前記フィルタエレメントの前のそれぞれの光チャネルにおけるそれぞれの光強度の 25
%より大きく且つ 80 %より小さい範囲で減少していることを特徴とする、請求項 3 に記
載の照明システム。

10

【請求項 5】

前記フィルタエレメントは交換可能であることを特徴とする請求項 1 乃至 4 のいずれか
1 項に記載の照明システム。

【請求項 6】

さらに、複数の前記第 1 のラストエレメントと複数の前記第 2 のラストエレメントとの
間に、複数の前記絞りとは異なる追加的なフィルタエレメントを備え、

前記追加的なフィルタエレメントは、能動フィルタエレメントとして、光強度が減少す
るように構成されていることを特徴とする請求項 1 乃至 5 のいずれか一項に記載の照明シ
ステム。

【請求項 7】

前記能動フィルタエレメントは、ビーム路の中で回転可能な楕形の絞りであることを特
徴とする請求項 6 に記載の照明システム。

20

【請求項 8】

前記フィールドは、半径および方位角の拡張されたリングフィールドであることを特徴
とする、請求項 1 乃至 7 のいずれか一項に記載の照明システム。

【請求項 9】

前記フィルタエレメントは、走査方向に垂直な前記フィールド面中の前記フィールドに
おける照明が本質的に均質になるように適合されて配置され、前記フィールド面における
走査のエネルギーの一樣性の誤差が、 $\pm 3\%$ 未満であることを特徴とする請求項 1 乃至 8
のいずれか一項に記載の照明システム。

30

【請求項 10】

前記一樣性の誤差が、 $\pm 1\%$ 未満であることを特徴とする請求項 9 に記載の照明システ
ム。

【請求項 11】

EUV マイクロリソグラフィ用の投影露光システムであって、
光源と、フィールド面におけるフィールドを照らすための請求項 1 乃至 10 のいずれか
一項に記載の照明システムと、

前記フィールド面上に配置された対象を像平面中の像に投影するための投影対象と、を
備えることを特徴とする、EUV マイクロリソグラフィ用のスキャナタイプのマイクロリ
ソグラフィ用投影露光システム。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明はマイクロリソグラフィの照明システムに関し、特に波長 193 nm 以下で、特
に望ましくは、EUV マイクロリソグラフィ用の照明システムに関する。前記照明システ
ムは、フィールド面におけるフィールドを照射するために用いられ、
照射されるフィールド面と光インテグレータとの間に照射されるフィールド面への光源か
らの光路に配置された、少なくとも 1 つの光インテグレータと少なくとも 1 つの光学部品
とを備える。

【背景技術】

50

【 0 0 0 2 】

マイクロリソグラフィ用の照明システム、特に波長 193 nm 以下での高性能リソグラフィでの照明システムは、多くの出版物により公知である。

【 0 0 0 3 】

特にサブミクロン領域において、電子部品の構造の幅をさらに減少するためには、マイクロリソグラフィ用に使用される光の波長を減少させることが必要である。193 nm 未満の波長を備えた光は、例えば軟 X 線でのリソグラフィ、いわゆる EUV リソグラフィに使用することが可能である。

【 0 0 0 4 】

EUV リソグラフィは、最も有望な将来的なリソグラフィ技術のうちの 1 つである。現在、11 nm から 14 nm の領域の波長が、特に 0.2 から 0.3 の開口数 NA を備えた 13.5 nm の EUV リソグラフィ用に検討されている。EUV リソグラフィにおける撮像品質は、一方では投影レンズによって決定され、他方では照明システムによって決定される。照明システムは、構造生成マスク(いわゆるレチクル)が可能な限り均一に位置しているフィールド面の照明を提供するべきである。投影レンズは、光感受物体が配置される像平面(いわゆるウエハー面)におけるフィールド面を撮像する。EUV リソグラフィ用の投影照明システムは、反射光学エレメントを備えている。EUV 投影照明システムのフィールドの形状は、典型的に環状のフィールドである。投影システムは、走査モードで通常操作される。EUV 投影照明システムは、米国特許第 6,452,661 号明細書、又は米国特許第 6,198,793 号明細書、又は米国特許第 6,438,199 号明細書から理解され、その開示内容が本出願においてここで全体的に組み入れられる。

【 0 0 0 5 】

上述の EUV 照明システムは、エテンデュール(etendue)を調整するとともにフィールド面でフィールドの均質な照明を達成するためのハニカムコンデンサーを備えている。ハニカムコンデンサーは、フライズアイ(ハエの目)積分器としても知られている。ハニカムコンデンサーは、少なくとも 1 つの光インテグレータを備えている。

【 0 0 0 6 】

前述の米国特許第 6,452,661 号明細書、米国特許第 6,198,793 号明細書、米国特許第 6,438,199 号明細書における光インテグレータは、といってもこれらに限られるものではないが、複数のラスタエレメントを備えたカットされた光学エレメントである。別の積分器は、ディフューザ、又は積分器棒(integrator rods)、又は光ファイバである。ハニカムコンデンサーは、複数のラスタエレメントを有する 2 つのファセットな光学エレメントを備えることが好ましい。

【 0 0 0 7 】

米国特許第 6,452,661 号明細書、又は米国特許第 6,198,793 号明細書、又は米国特許第 6,438,199 号明細書において、ハニカムコンデンサーは、反射型の設計で EUV リソグラフィ用のものが記載されている。屈折型の設計(例えば 153 nm あるいは 193 nm の波長を有するマイクロリソグラフィ用の)におけるハニカムコンデンサーは、多くの他の刊行物により公知である。

【 0 0 0 8 】

ハニカムコンデンサーは、マイクロリソグラフィ用の投影レンズのような画像システムにおける対の瞳面での光線の所定の分岐角度を形成する、一般的な定義によるディフューザーで表すこともできる。ディフューザー又はハニカムコンデンサーが配置されている平面又はそれより少し前の平面は、それ故、照明システムの一対の任意的な出射瞳であり、この出射瞳は後の投影レンズの入射瞳と一致する。

【 0 0 0 9 】

フィールド面の均質な照明用のディフューザーは、多くの応用例により公知である。例えば、米国特許第 4,936,665 号明細書、米国特許第 4,521,087 号明細書、米国特許第 4,444,456 号明細書および米国特許第 4,155,630 号明細書、米国特許第 4,936,665 号明細書、米国特許第 4,155,630 号明細書および米国特許第

10

20

30

40

50

6, 573, 978号明細書には、照明システムの出射瞳における対の平面中またはこの平面に近接するように配置されたディフューザーが示されている。前記ディフューザーは、照射されるフィールド面が所定の方法でほとんど均一に照射されるように構成される。これは、ディフューザーの光学効果によって光線の所定の分岐角度がディフューザーの後に存在するようにして達成され、従って、フィールド面は、分岐角度によるディフューザーの後の所定の方法で照射される。

【0010】

ハニカムコンデンサーに加えて、平面を照射するための積分器棒あるいは光ファイバのような光導波路がある。米国特許第3,541,323号明細書では、レーザー放射の均質化で使用される、ファセットな光学エレメントと光導波路との結合物が開示されている。米国特許第4,918,583号明細書に記載されているような種類の光導波路は、一般にファセットな光学エレメントに関連し、互いに交換可能であるように見なされている。しかし、これらは重大な差異を示す。米国特許第1,880,414号明細書にも記載されたような導波管あるいは積分器棒は、照射されるフィールド面と比較して一対の方法で通常配置されている出口側の均質的に照射された面を既に製造している。導波路又は積分器棒の断面図は、照射される平面の形状で選択されることが好ましく、光出口表面は、撮像光学システムによって照射されるフィールド面において撮像される。実質的に出口表面と同様の形状を有しているが場合により異なるサイズである前記棒の入射表面は、照射されるフィールド面に対応する。それ故、積分器棒の入口表面及び出口表面は、対となるフィールド面のいずれにも広い意味で存在している。

【0011】

ハニカムコンデンサー及びディフューザーの場合には、ファセットな光学エレメントは、ケーラー(Köhler)の照明の原理の条件の下で対となる平面上に配置されている。つまり、ハニカムコンデンサーの出口表面は、後の投影レンズの入射瞳に相当する照明システムにおける出射瞳中の光学部品を頼りに投影される。ハニカムコンデンサーでは、光バンドルは、第1のラスタエレメント(下記においてフィールドハニカムとして参照する)を介して単一の比率で第2のラスタエレメントに供給される(下記において瞳(pupil)ハニカムとして参照する)。従って、フィールドハニカム及び瞳ハニカムが、第1のまたは第2のファセットな光学エレメント上に見合った位置に位置している。この場合、フィールドハニカムが位置しているハニカムコンデンサーの入口平面は、実質的に瞳平面に相当する。このことは、第2のファセットな光学エレメントが、例えば、顕微鏡法又は環状の照明により周知な傾斜した対照的な照明を有する、異なる直径の円状の照明や第1の光学エレメントのように照射されることを意味する。

【0012】

上述したように、ハニカムコンデンサーは、入射光のフラックスを分割するための、又は、1つの光線を複数の光バンドルへ同様に作用するための光学的手段として使用される。そして、ファセットな光学エレメントは、前記分割した光のフラックスを再結合したり、重ね合わせるために、任意的に使用される。例えば、前記正面を有する光学エレメントは、レンズが配列されるように複数のラスタエレメントとともに配列してもよい。個々のラスタエレメントによる光学的影響は、全ての応用例において必ずしも必要ではない。個々のラスタエレメントは、平面鏡又はプリズムのように配列してもよい。一般に、ラスタエレメントは、屈折型、反射型、又は回折型の構成で提供することができる。屈折型のハニカムコンデンサーは、例えば、米国特許第5,098,184号明細書と米国特許第5,594,526号明細書によって示される。

【0013】

米国特許第2,183,249号明細書および米国特許第2,186,123号明細書は、各々、フィールド面における均一な照明のためのレンズアレイとしてそれぞれ配列された、ファセットな2つのエレメントを備えるハニカムコンデンサーを開示している。ハニカムコンデンサー前の平面内に入射する光線、又は、ハニカムコンデンサー上に入射する光バンドルは、ハニカムコンデンサーチャンネル内でチャンネルによって個々の放射フラックス

又は複数の光線に解体される。複数の第2の光源は、瞳平面としても知られるハニカムコンデンサーの出口面内に形成されている。ハニカムコンデンサーの第1のファセットなエレメントの第1ラスタエレメントは、第2のファセットな光学エレメントにおける第2ラスタエレメントと、ハニカムコンデンサー及びフィールド面の間に配置されている光学部材とによって、フィールド面中で照射されるフィールドに投影されている。照射されるフィールドにおいて、複数の第1のラスタエレメントから出発する複数の光バンドルは、重なり合っている。従って、第1のラスタエレメントの形により、照射フィールドの形状も決定される。それ故、第1のラスタエレメントは、フィールドハニカムとしても表される。第2のラスタエレメントは、複数の第2の光源が形成される出射瞳に結合した瞳面中に配置され、又は近接している。それ故、第2のラスタエレメントは、瞳ハニカムとしても表される。前記瞳ハニカムの形状は、第2の光源の形状に対応するように選択されることが好ましい。上述の明細書において、第1のラスタエレメントの形状は、照射されるフィールドのような形状、すなわち長方形に選択される。そして、第2ラスタエレメントの形状は、六角形に選択され、それ故、円形の光源の形状に概略で対応している。米国特許第2,183,249号明細書は、反射型のフィールドハニカムと屈折型の瞳ハニカムとを備えるハニカムコンデンサーをさらに示している。同様の構成が、独国特許第561573号明細書に既に示されており、これは反射型のフィールドハニカムと、屈折型の瞳ハニカムとからなる。独国特許第2803277号明細書には、屈折型のハニカムコンデンサーシステムがどのように反射型のハニカムコンデンサーシステムに転送されるかを示している。引用された独国特許第2803277号明細書の図6には屈折型のハニカムコンデンサーの、図7には反射型のハニカムコンデンサーシステムの、個別の実施例が示されており、それぞれが、独国特許第2803277号明細書において、半導体エレメントの製造用基板を照射する目的で配置されるマスク中におけるフィールド面の均一な照明用に提供される。

10

20

【0014】

米国特許第3,941,475号明細書には、マイクロリソグラフィ用の照明設定を変化させる目的でハニカムコンデンサー付近において配置したダイアフラム（隔膜）を備えたハニカムコンデンサーが示されている。米国特許第3,988,066号明細書には、ハニカムコンデンサーに結合するさらなる手段が最終的に提案され、従って、照明設定をその構造に基づいて変化させることができる。米国特許第5,237,367号明細書には、瞳照明及びイメージング設定を変化させるために同一物の前に位置するズームレンズシステムを備えるハニカムコンデンサーが開示されている。

30

【0015】

米国特許第4,497,013号明細書により、光混合をさらに改良する目的で、例えば次々に整えられた2つのハニカムコンデンサーといった、いくつかの積分器の配置が提供される。

【0016】

米国特許第4,683,524号明細書には、ハニカムコンデンサーの拡張を適切に選択することによってそれぞれの照明角度が得られるマスク照射用の瞳照明を備え、フィールド面に均質な照明を提供するための手段としてハニカムコンデンサーが開示されている。このハニカムコンデンサーの照明は、ハニカムコンデンサーの外部領域及びそれによる瞳がその縁部でより強い強度で照射されるように構成されている。

40

【0017】

米国特許第5,335,044号明細書には、より均一なフィールド面の照明を確保する目的で、単に部分的に照射されたフィールドハニカムを整えるためにハニカムコンデンサーに近接して配置されたダイアフラムを備えた屈折型のハニカムコンデンサーが示されている。

【0018】

米国特許第6,049,374号明細書には、フィールドに亘って変化するイメージング設定によって理想的な撮像特性からフィールドに基づく偏差を補償するために、フィール

50

ド面に結合した平面内でのフィルタエレメントを有するハニカムコンデンサーが示されている。

【 0 0 1 9 】

既に上述したように、ハニカムコンデンサーは、瞳撮像を行う光学撮像システムを必要とする。何故なら第2の光源は、結合した瞳面か同一物に近接しているハニカムコンデンサーの出口面において形成されるので、第1のファセットな光学エレメントと第2のファセットな光学エレメントとの間の光チャンネルを所定の選択を介して、任意の事実上望ましい瞳照明を得ることができる。例えば、米国特許第3,941,475号明細書及び米国特許第4,109,304号明細書に記載されたように、チャンネル選択ダイアフラム又はハニカムコンデンサーの任意に構築された照明を介することにより、上述の瞳照明が得られる。米国特許第3,941,475号明細書において、瞳照明は、ファセットな光学エレメントに近接するダイアフラムによって制御される。米国特許第4,109,304号明細書には、環状の照明が、光学手段によって提供され、これにより光損失の低減がもたらされる。米国特許第4,241,389号明細書に開示されているように、ケーラー (Kohler) の条件の下で瞳照明を制御するためのズームシステムを用いることが知られている。

10

【 0 0 2 0 】

従来型の応用に十分な光混合は、ハニカムコンデンサーの助けを借りてフィールド面の中で複数の光バンドルを重ね合わせることににより達成される。それ故、フィールド面における実質的に均一な照明も、フィールドに依存しない瞳照明の需要を省略することができる場合に、達成することができる。

20

【 0 0 2 1 】

当技術の状態に従う照明システムにおける不利益は、照射されるフィールド上に亘って実質的に一様に照射する瞳が得られていないことである。

【 0 0 2 2 】

それ故、本発明の目的は、高性能のリソグラフィシステムにおいて要求されるような、すなわち、フィールドに亘って設定されたコヒーレンスパラメータが変化しないような、出来るだけフィールドに依存せず全体的に一様な瞳面における出射瞳の照明を実質的に誤差無く提供することである。

【 0 0 2 3 】

更に、フィールドはそれ自体、本質的に一様な方法でフィールド面の中で照射されることになる。

30

【 発明の開示 】

【 発明が解決しようとする課題 】

【 0 0 2 4 】

本発明の目的は、各々の光強度を有する複数の光チャンネルに光源の光を分割する少なくとも1つの光インテグレータを備える、照明システムのように解決される。さらに、照明システムは、少なくとも1つのフィルタエレメントを有するフィルタを備え、前記フィルタエレメントは、少なくとも1つのチャンネルの光強度が減少されるように構成されている。

40

【 0 0 2 5 】

さらなる実施の形態においては、光学部品は、ハニカムコンデンサーと照射されるフィールド面との間の光路中において配置されて提供され、球面収差がない方法で十分に補正される。照明システムは、フィールド面中のフィールドにおける実質的に一様な照明が得られるように構成されて配置される少なくとも1つのフィルタエレメントを有するフィルタを備える。

【 0 0 2 6 】

当業者に知られているように、球面収差がない補正および正弦条件の実現は、互いの条件付きで、同じ事実を単に記述するものであり；したがって、両方の用語は同義的に使用される。

50

【 0 0 2 7 】

光学のシステムは、瞳面中の光線の高さ p と光線の角度 θ の間に、 $p=f\sin \theta$ が得られる場合に、 f を瞳及びフィールド面間のレンズ群における焦点距離として、(「Beitrage zur Theorie des Mikroskops und der mikroskopischen Wahrnehmung」(顕微鏡および微視的な観察に関する理論的貢献)、M.SchultzeのArchiv fur mikroskopische Anatomie、Vol. IX413-468(1 8 7 3)においてE.Abbeによって説明されているように)球面収差の無いように補正されるものと見なす。すなわち、瞳面中の光線角度 b とフィールド面中の光線高さ x の間に、 $x=f\sin b$ の関係が得られる場合、類推的に、球面収差がない補正が反対の場合にも参照される。この場合は、レンズ群は、ハニカムコンデンサーと照射されるフィールド面との間に配置される光学部品に相当する。直径 $2p_{\max}$ のハニカムコンデンサーに拡張すると、最大角度のサイン $\sin \theta_{\max} = p_{\max}/f$ を有するフィールド面における一定の角度スペクトルの中で転送される。それ故、最大フィールド高さ x_{\max} のフィールドは、瞳面での口径角度のサイン $\sin b_{\max}$ により与えられる。すなわち、ハニカムコンデンサーの後ろに、 $\sin b_{\max} = x_{\max}/f$ で与えられる。この場合、 f は瞳とフィールド面との間のレンズ群の焦点距離です。これは、図 3 において示されている。

10

【 0 0 2 8 】

本出願において、球面収差がない補正又はアッペ正弦条件(つまり、光学エレメントは、球面収差がない方法で十分に補正される)は、全ての瞳座標に対して、方程式 $\sin \theta = p/f$ が 1 0 % より多く満たされ、特に 2 % より多くが満たされる場合に、十分に満足される。すなわち、瞳面における地点 p と交差する光線は全て、伝播角のサインが 1 0 % 未満、特に 2 % 未満で変化するような、互いの最大角の偏差に対して並行な、フィールド面の領域内に延びている。類似した方法では、本出願における球面収差がない十分な補正は、瞳面を通過する光線束の光線がフィールド面の地点 p を、フィールド高さ x における最大地点撮像ひずみが 1 0 % 、特に好ましくは 2 % での光軸に対して光線角度 b で、 $x=f\sin b$ に従って交差する、場合に理解されるべきである。

20

【 0 0 2 9 】

これは、1 0 % 未満、特に好ましくは 2 % 未満でのアッペ正弦条件からの偏差への入射瞳中のハニカムコンデンサーの後の平面の投影に相当する。すなわち、入射瞳中のハニカムコンデンサーの後の平面からの投影に対するイメージングスケール M は、光軸に対するハニカムコンデンサーの後の光線の角度 b よりも最大 1 0 % より大きく変化し得る。これにより、1 0 % 未満、特に好ましくは 2 % 未満のいわゆる M の偏差によって、フィールド面の最大口径角度 θ_{\max} の変化が 1 0 % 未満、特に好ましくは 2 % 未満であることが保証される。

30

【 0 0 3 0 】

光学部品がアッペ正弦条件を十分に満たす場合、光学部品は非常に良く正弦補正され、投影照明システムの投影レンズの入射瞳と一致する照明システムの出射瞳の中の第 2 の光源の投影が本質的に誤差のないものとなるという結果をもたらす。球面収差がない補正の結果、フィールド面の中で照らされるフィールドのそれぞれのフィールドポイントに割り当てられるそれぞれ瞳が、入射瞳の平面とほぼ同サイズであることが保証される。これは、テレセントリックシステムの実施例を参照して下記で説明されるであろう。テレセントリックシステムにおいて、瞳面およびフィールド面は相互にフーリエ変換の関係にあり、つまり、入射瞳はレチクルの観点から無限遠に存在する。正弦条件が満たされる場合、瞳面からの平行な光線がある共通のポイントでのフィールド面の中で交差することが保証される。ハニカムコンデンサー又はディフューザーの下流の光路中におけるある放射特性が存在する場合、光軸に対してある傾斜角を有する全ての光線が、フィールド面中の割り当てられたポイントでの反射強度を規定する。ハニカムコンデンサー又はディフューザーが所定の領域内で均一な反射を有する場合、全てのフィールドポイントは、ハニカムコンデンサー又はディフューザーのこの領域からの放射を逆に受けるであろう。レチクルから影響されるハニカムコンデンサー又はディフューザーの領域がフィールドに独立である場合、つまり、照明ビームの同じ角度のスペクトルが各フィールドポイントで存在して

40

50

いる場合、このことは、出射瞳中のハニカムコンデンサー及びディフューザーにおける出射瞳の投影に対して、球面収差のない補正及び正弦条件の一致による規定に従って達成される。テレセントリック条件に対して与えられる条件は、明らかな方法で当業者によって何ら制限されることなく非テレセントリックな場合に変換することが可能である。

【 0 0 3 1 】

出射瞳の中でそれぞれのフィールドポイントに関連した瞳の一定の照明を達成するためには、ラストエレメントを備えた第1の光学エレメント上に入射する光フラックスが本質的に一様であると有利である。ラストエレメント、つまりフィールドハニカムプレート、を備えた第1の光学エレメントの平坦な又は一様な照明によって、第2の光源の個々の光バンドルの発散角がフィールドハニカムによって制限された状態で、ハニカムコンデンサーの出口面における一様な明るい第2の光源がもたらされる。

10

【 0 0 3 2 】

フィールド面中の均質的に照らされたフィールドと同様に、フィールド面中の各フィールドポイントの一定の照らされた瞳をも達成するために、最大発散角内の第2の光源の反射特性がランバート放射器のように実質的に作用すること、つまり、立体角要素 d 中の角度で放射される放射強度 $I(\quad)$ (光バンドルの放射フラックス e)が光軸に平行に放射された光バンドルの放射強度 $I(0)$ に対して放射角度の余弦のように作用することを、保証する手段を提供することが必要である。

【 0 0 3 3 】

本出願は、Naumann/Schroder「Bauelemente der Optik(Components of Optics)」,Hauser-Verlag 1992,p.28-29に列挙されている光工学用語を使用する。

20

【 0 0 3 4 】

【表 1】

[テーブル 1 : 光工学用語]

物理量	公式	単位
放射フラックス Φ_e	$\Phi_e = \partial Q / \partial t$	Watt (W)
エレメントの放射照度又は フラックス密度	$E_e = d\phi_e / d A_o$	Watt / cm ²
放射強度 I_e	$I_e = d\phi_e / d\Omega$	Watt / steradian
放射輝度 L_e	$L_e = d\phi_e / d A_s \cos \alpha d\Omega$	Watt / cm ² / steradian

30

【 0 0 3 5 】

フィールド面中のフィールドの均質な照明は、ハニカムコンデンサー及び先に配置され得るレンズシステムによって提供される第2の光源が、ランバート反射特性に見合う反射特性を有している場合にのみ達成されるであろう。このような反射特性は、一般的に存在しない。このような反射特性は、EUVリソグラフィの中で一般に使用される照明システムでは特に得られない。

40

【課題を解決するための手段】

【 0 0 3 6 】

本発明によれば、照射されるフィールドの均一さを補正するため、及び、第2の光源のそれぞれの反射特性を保証するため、少なくとも1つのフィルタエレメントが提供される。この目的のために発明された手段は、実質的にフィルタエレメントであり、特に、第2の光源の反射が十分にランバードに類似するように、つまり、第1ラストエレメント(つまり、フィールドハニカム)から出発する個々の光バンドルの放射フラックスが、フィールド面で均一な照明が得られる位置依存の方法で変化するように、送信の位置依存偏差(つまり、光チャネルの光強度の位置に依存する減少)を経て放射のフィルタリングを行う

50

グレーフィルタである。光強度の減少は、光チャネルにおける照射された光強度の合計の 0 % から 100 % の間であることが好ましい。つまり、例えばフィルタエレメントの透過が、光チャネルの光強度の合計で 0 % から 100 % の間に存在することが好ましい。特に好ましくは、光チャネルにおける光強度の合計が約 25 % より大きくて約 80 % より小さいことである。つまり、フィルタエレメントの透過が光チャネルの全体に対して 20 % より大きくて 75 % より小さい範囲に存在していることである。本発明によるフィルタエレメントは、コヒーレンスパラメータを変化させるため、他の手段とさらに結合することができる。また、他の手段との調整が必要な場合には、前記フィルタエレメントは、交換または能動部品 (active element) によって変えることもできる。投影設定が、ダイアフラム又は円錐形のエレメント、回折エレメント、又はプリズムのような他の光学エレメントによって、出射瞳の円状照明から環状の照明又は多極型の照明に変わった場合、例えば特定の設定のためにフィルタホイールを経て交換される、本発明による補正フィルタ、又は、本発明による補正フィルタを経て直接作製される設定又はコヒーレンスパラメータを調整することが必要であろう。

【0037】

本発明の実施の形態では、照射されるフィールドは、方位角方向又は半径方向に拡張されたリングフィールドであることが好ましい。

【0038】

リングフィールドがフィールド形成光学部品を用いて形成される場合、光学エレメントが、照射されるフィールド面中でのフィールドの半径方向で十分に球面収差の無い補正をしたときに、有利である。つまり、他の方向において、瞳座標に関係のある方位角の方向中では、フィールド形成レンズシステムの結果として、これは可能ではない。

【0039】

フィールド面の中でフィールドの本質的に均質な照明を保証するフィルタエレメントは、個別の部品として光インテグレータに近い光源からフィールド面まで光路中において整えることができるか、又は、光インテグレータに統合することができる。本発明の第 1 の実施の形態において、フィルタエレメントは個別の光学部品として配列され得るとともに、光インテグレータに近接し及び/又は正面のフィールド面へ光源からの光路中に配列され得る。この配列に換えて、光インテグレータの後及び近接するフィールド面へ光源からの光路中にフィルタエレメントを配列することもできる。特に好ましい実施の形態において、光インテグレータは、複数のラスタエレメントを有する第 1 のファセットされた光学エレメントを備えている。特に有利な実施の形態においては、光インテグレータは、複数の第 2 ラスタエレメントを有する第 2 のファセットされた光学エレメントをさらに備えている。二重にファセットされた光インテグレータの場合には、第 1 のファセットされた光学エレメントと第 2 のファセットされた光学エレメントとの間の、光源からフィールド面への光路中に本発明によるフィルタを配列することが可能である。

【0040】

個々の個別の面を備えた光インテグレータとして形成されるハニカムコンデンサーの代わりに、自由形式の表面として整えることができるディフューザーによる照明システムでのハニカムコンデンサーによる効果を得ることができる。このような自由形式の表面は、個々の要素で作られておらず全体の表面に亘って連続的に微分可能であるという点で特に特徴づけられる。この自由形式の表面は、複数の突出部や凹み部を有している。この突出部や凹み部は、グリッドポイントを規定する。前記グリッドポイント間におけるそれぞれの表面部分は、局所的に連続である微分可能な関数によって、特に局所的に 2 つ (twofold) の連続的に微分可能な関数、つまり、いわゆるスプライン、によって、記述することができる。自由形式の表面からなるこのようなディフューザーに対する簡単な例は、欧州特許第 1024408 号明細書により知られている。

【0041】

本発明は反射型の照明システムに限定されておらず屈折型の照明システムを含むので、フィルタエレメントは、可変反射率を備えた反射型フィルタエレメントと同様に、可変透

10

20

30

40

50

過率を備えた透過型フィルタエレメントとしても、構成することができる。

【0042】

特に好ましい実施の形態においては、可変ライン及び／又は点密度を含む可変グレーフィルタと共に、可変グレーフィルタとして整えられるフィルタエレメントによって表わされる。その結果、グレーフィルタのグレー値はライン及び／又は点密度を通してセットすることができる。

【0043】

異なる照明セッティング用のフィールド面の均質の照明を得るためには、フィルタエレメントが交換可能であることは有利に提供される。

【0044】

照明システムに加えて、本発明は、さらに、本発明による投影照明システムを使用することにより、マイクロ構造化した部品を生産する方法と同様に本発明による照明システムを含むマイクロリソグラフィ用の投影照明システムも提供する。

【0045】

本発明は、下記の図面及び実施の形態を参照した実施例によって、記述されるであろう。

【発明の効果】

【0046】

本発明は、照明フィールドの各フィールドポイントに対する形及び位置に関して、一様に照射される瞳を提供する照明システムに関する。さらに、本発明は、フィールド全体に亘って大部分が一定のコヒーレンスパラメータを同時に提供する間、フィールド面の均一な照明を提供する。

【発明を実施するための最良の形態】

【0047】

図1及び図5は、屈折型の実施の形態に基づくフィルタエレメントの配列を記述する。本発明は、この同一物に限定されるものではない。当業者は、さらに回折、ホログラフィの光学エレメントの使用により、反射型のシステムあるいはハイブリッドのシステムに、一般的な原理を単に自由に変換できることが理解される。

【0048】

図1は、屈折表示における照明システムの主要な配置を示す。光源から生じる光フラックス1を備えた光バンドルが、ファセットな光学エレメントとして配置され得る光インテグレータ、いわゆるハニカムコンデンサーあるいはディフューザーに向かっている。口径角度 b を備えた光は、ディフューザー又はハニカムコンデンサー3によって出力され、その口径角度は、特定領域7内で実質的に均一な方法で構造物生成マスクがフィールド面9内に照射されるコンデンサー・レンズ系5として指定される後の光学部品に依存するように選択される。同時に、少なくとも、照射されたフィールド7での事実上すべてのフィールドポイントは、照明セッティングを設定することによって異なる角度から一定の方法で照射される。照明セッティングは、例えば、光線形成レンズシステム中のディフューザー又はハニカムコンデンサー3の前か、又は、ディフューザー又はハニカムコンデンサー3に近接するように、設定される。図1は、ハニカムコンデンサー又はディフューザー3の後の照明システムの開口数 $NA_{be1} = \sin \theta_{be1}$ をセッティングするための任意的なダイアフラム40を示す。図示した実施例において、ディフューザー又はハニカムコンデンサー3の後部面4は、照明システム(つまり、いわゆる結合した瞳面)の出射瞳及び任意的なダイアフラム40に結合した面に一致し、又は、前記面4に近接している。

【0049】

二重ファセットなEUV照明システムにおいては、開示範囲が完全に本願に組込まれる米国特許第6,198,793号明細書に記載されているように、結合した瞳面は、いわゆる瞳のファセットな平面、又は第2のファセットエレメントの瞳ハニカムの平面と一致する。フィールド又は瞳ハニカムから成るハニカムコンデンサーの場合、瞳のファセット面は、周知のように、ハニカムコンデンサーの出口面内に、すなわち、図1における面4の

10

20

30

40

50

中又は近接して、横たわっている。

【0050】

照明システムの出射瞳と一致する投影レンズ21の入射瞳15の中のコンデンサーレンズシステム5による第2の光源のイメージングは、非常に良好に補正されなければならない。特に、コマエラーが生じてはならない。これは、光学部品がA b b e正弦条件に十分に従う、すなわち、球面収差がない方法で補正される場合に達成される。A b b e正弦条件が満足されない場合には、イメージングスケールが放射角に亘って一定ではなく、すなわち、照射されるフィールド7におけるフィールドポイントに対して瞳が異なる大きさを有するということを意味する。このことは、偏差に相当する。偏差は、フィールドに亘るレチクル上の照射ビームの発散角の偏差であり、は通常、従来型の円形の照明における、光軸に対する照明ビームの最大角 θ_{el} と、投影レンズ21の最大受光角 θ_{in} のサインとの比率を示す。投影レンズの最大開口角は、入力側の投影レンズの開口数 $NA_{EIN} = \sin \theta_{in}$ で記述することができる。光軸に関する照明ビームの最大角のサインは、 $NA_{bel} = \sin \theta_{el}$ で記述され、この場合には、面4におけるダイアフラム40によって典型的な方法で調整することができ、従って、下記の式が適用される： $\theta_{el} = NA_{bel} / NA_{EIN}$ 。EUVシステムについては、典型的には $\theta_{el} = 0.5 \sim 0.8$ が適用され、の値は、例えば可変のそして交換可能なダイアフラム40によって変化し、例えば略10%のフィールド上の偏差を伴う。段々とより小さくなっていく構造幅を前記イメージングフィールドに亘って低い偏差の構造幅で得るためには、偏差が実質的に低い、例えば2%未満であることが必要である。10%の高い偏差を是正するためには、ハニカムコンデンサー又はディフューザの後のコンデンサーレンズシステム5が十分にサイン補正され、つまり、正弦条件に従うことが必要である。

【0051】

この事実は図2に概略的に示されている。同じ部材については、図1と同じ参照番号で示している。図2において、全体的に複数のレンズ又は鏡を備えることができるコンデンサーレンズシステム5.1は、非球面の形状でされ、正弦条件に適合しない。光軸17上のフィールドポイント7.1を貫通する照明ビーム束12.1は、軸方向の距離を有するフィールドポイント7.2への照明ビーム束の口径角度 α_2 とは異なる口径角度 α_1 で拡がっている。従って、このシグマの値 $\sigma_1 = \sin \alpha_1 / NA_{EIN}$ と $\sigma_2 = \sin \alpha_2 / NA_{EIN}$ とは異なり、フィールド上に亘って偏差が生じる。フィールドポイントに対する照明ビーム束12.1の主要な光線は、参照数字14.1で指定され、フィールドポイントに対する照明ビーム束12.2の主要な光線は、参照数字14.2で指定される。図2は、結合した瞳面の中に、又は近接して位置している面4と、結合された瞳面におけるビーム角 θ と、X方向において最大の高さを有しているフィールド端点のような軸方向の距離を有するフィールドポイントに対するビーム高さ x と、をさらに示している。

【0052】

図3は、さらに非球面の形状を有し、複数のレンズ及び/又は鏡を全体的に備えることができるコンデンサーレンズシステム5を示す。前記非球面の形状は、正弦条件に合致するように最適化されている。その結果、光軸17上のフィールドポイントを貫通する照明ビーム束12.1は、軸方向の距離を有するフィールドポイント7.2に対する照明ビーム束12.3の口径角度 $\alpha_2 = \alpha_1$ に等しい口径角度 α_1 で拡がっている。現在の図3において、軸方向の距離を有するフィールドポイント7.2は、フィールド面9において照射されるフィールド7のX方向における最大フィールド高さを有するフィールド端点として示されている。それ故、フィールドポイント7.2を通過する光線は全て、ハニカムコンデンサー又はディフューザの後、つまり、フィールド面4内の光軸に対して口径角度 b を有している。X方向は、本発明がスキヤニング照明システムにおいて用いられる場合に、走査方向に垂直に立っている方向を表す。それ故、走査方向は、y軸に沿っている。これは、図8における実施例において示される。このフィールド面9におけるビーム高さ x は、軸方向の距離を有するフィールドポイントに対して再度示されている。

【0053】

10

20

30

40

50

他方では、照射されるフィールド面中の均一性は、正弦補正されたレンズシステムに影響される。何故なら、正弦補正されたレンズシステムは、第2の光源のランバート放射特性によってのみ、均一なフィールド照明をもたらすからである。独国特許第10138313号明細書、米国特許商標庁に2002年8月9日出願された米国特許出願公開第10/216,547号明細書、これらの開示範囲は本出願においてここで完全に包含されているが、によって開示されているように、任意の他の放射特性の場合において、正弦補正からの偏差によって平面中での均一な照明を制御して、それを最適化することは可能であるが、この照明の均一化は、上述したように全体的にフィールドに亘って 偏差をもたらす。

【0054】

10

厳密な意味でのランバート放射器にのみ接続されたコンデンサーレンズシステムにおいて均一化した照明が生じる条件は、反射及び透過損失を無視することによってのみ適用される。実際には、ディフューザー又はハニカムコンデンサーの理想化された所望の反射特性は、撮像平面19から反転したビームを辿ることによって数値的に計算され得る。このような数値計算は、当業者の知識領域の範囲内である。

【0055】

第1の実施の形態では、ディフューザー又はハニカムコンデンサー3は、それぞれのエレメント3の後の平面4における放射特性は（もしあれば、透過又は反射損失を考慮した）、ランバート放射器又はそれぞれの放射特定に対応するように構成されている。従って、正弦補正レンズシステムに接続することで均一なフィールド照明がフィールドに依存しない 分散で得られる。この目的のために、ハニカムコンデンサーは、例えば非球面の表面によって補正され得る。これは、製造中において非常に厄介である。この製造は、数マイクロメートルの個々のハニカムコンデンサーエレメントにおける非常に小さい寸法のために、ほとんど満足いくような精密さで達成することができない。

20

【0056】

規定のフィールドを照射することを保証するために、複雑に制御された反射特性を有するディフューザーは、実質的に同一の独立し、反復的なセル（ハニカムコンデンサーのような）から通常構成されている。従ってこれらのエレメントもまた、補正される。製造それ自体で発生する製品の欠陥や困難さのために、投影リソグラフィに対して必要とされるような所望の放射特性を十分正確に調整することも困難である。

30

【0057】

平面4中で所望の放射特性を得るための非球面又は個別のエレメントといった光学手段によってのみ平面4の照明をセッティングすることは、誤差の影響を受けやすいために非常に困難である。ディフューザー又はハニカムコンデンサーに入射する放射線1の任意の変化は（例えば、入射角度又は強度分布）、固定されて不動な光学エレメントの場合に、所望の結果、つまりフィールド面9又は照射される撮像平面19に亘って一定な 偏差での均一な照射、からの偏差をもたらしてしまう。

【0058】

それ故、本発明における実施の形態は、ハニカムコンデンサー又はディフューザー3が誤差を考慮した単一の構成で提供されていることが好ましい。これらの誤差は、所望の照明が得られるように、それぞれのレンズシステムの製造誤差及び入射ビーム特性1を有するそれぞれのレンズシステムにさえ任意的に適用し得る、別々の補正エレメントで補正される。

40

【0059】

前記要求される角度分布のランバート放射器に形成されている第2の光源を結合した瞳面が存在しない場合には、図4に示したように、本発明におけるフィルタエレメント23のような補正エレメントによって設定することができる。下記の図において、同一の部品は、図1におけるような同一の参照番号を有する。

【0060】

フィルタエレメント23は、第2の光源又はディフューザー又はハニカムコンデンサー

50

3の端面がそこに一定の距離で横たわるように、結合した瞳面4の中に正確に位置していないことが好ましい。図5に示されるように、フィルタエレメント23は、有利には、例えば第2のラスタエレメントから発生した独立した光バンドル27.1及び27.2及び光フラックスがまだ重ならないように位置している。このようにすると、各第2ラスタエレメントに接続されているような、又は、放射線における所定の角度分布が得られるような方法、例えば、グレーフィルタによって、第2の光源の焦点に対する十分な距離での瞳ハニカム平面3.1の各瞳ハニカム3.1.1で存在している、発散した光バンドルに影響を与えることが可能となる。前記角度分布は、なされたセッティングによって影響され、テレセントリシティ (telecentricity) に関する要求を満足して、フィールド面9において照射されるフィールド面における最も均一な照明が得られる。

10

【0061】

テレセントリシティの要求は、フィールド面9における照射領域7中のフィールドポイントに関連する主要な光線のそれぞれに対する要求として理解されるべきである。この主要な光線は、フィールドポイントを通過する照射ビーム全体に亘るエネルギー手段である。全体的に、照射される基板の焦点がぼけた場合にひずみ誤差が生じないためには、照射される基板の平面中のテレセントリックなビーム経路が、投影リソグラフィ、つまり、撮像平面19に対して望ましいものである。このことは、撮像ポイントを貫通する撮像平面中で光バンドルの主要な光線が、例えば偏差が10 mrad未満で、実質的に光軸に対して並行に延長されるべきである、ということ意味する。撮像平面中でのテレセントリックな方法で主要な光線が進むことを保証するために、投影レンズ21を通してビーム束の反転したビーム追跡によって容易に見いだせるそれぞれの角度にフィールド面内で調整されなければならない。それ故、照明システムによって提供される必要があるフィールド面9内の主要な光線における特定の角度分布が得られる。単純化するために、テレセントリック分布は常に、図1から図3においてフィールド面内であると仮定する。このことは、全ての照明の円錐の主要な光線(図1及び図2で照明ビーム束として表されている)もまた、光軸に並行な指定のフィールドポイントに延長されることを意味している。

20

【0062】

光インテグレータの放射特性は、フィルタエレメント23で影響を受ける。光インテグレータとしての第1及び第2ラスタエレメントを備えた2つのファセットな光学エレメントを備えたハニカムコンデンサーの場合には、必ずしも第2のラスタエレメントを備えた第2の光学エレメントの後にフィルタエレメントを配置する必要はない。さらに第1のラスタエレメントを備えた第1のラスタエレメントと、および第2のラスタエレメントを備えた第2の光学エレメントとの間、あるいは、第1のラスタエレメントを備えた第1の光学エレメントの前に、配置することができる。図6は、光インテグレータにおける第1光学エレメント3.3と第2光学エレメント3.1との間の配列を示している。光インテグレータは、いわゆるフィールドハニカム3.3.1である第1ラスタエレメントを備えた第1光学エレメント3.3と、いわゆる瞳ハニカム3.1.1である第2ラスタエレメントを備えた第2光学エレメント3.1とからなる。それぞれの独立したフィールドハニカム3.3.1から発生する光バンドルは、参照番号29.1、29.2で指定される。第2光学エレメント3.1が第2ラスタエレメント3.1.1とともに配列されている平面内又は平面に近接して、第2の光源30.1、30.2が形成される。フィルタエレメント23が第1光学エレメント3.3及び第2光学エレメント3.1の間に配置している場合、これらは互いに隔置されている。図7は、第1ラスタエレメント、つまりフィールドハニカムを備える第1光学エレメント3.3の前の、光源(図示せず)からの光路中のフィルタエレメントの配列を示している。

30

40

【0063】

スキャン照明が例えば投影照明システムで行われる場合には、走査方向に積分された強度が実質的に均一であれば照明の一様性に対しては十分である。実質的な均一さは、本出願において、完全に均一な照明からの例えば0.5%未満での偏差として、理解されるべきである。このことは、走査方向に積分した所望の強度が得られるようなフィールドハニ

50

カムの前に、走査方向に直接的にフィールドハニカムの有効な膨張をマスクし又は影響を及ぼすことを許容する。

【 0 0 6 4 】

走査方向での一様性を計算するために、リング状のフィールド弧の形状をしたフィールド面における照明は、例えば、システム材表の Y 方向に並行に延長した走査方向を有していると仮定する。このようなリング状のフィールド及び、これに関連して、X 及び Y 方向を規定する座標が図 8 a に示されている。走査方向に垂直な X 方向に依存するスキャニングエネルギー (SE) は、以下のように計算される。

【 0 0 6 5 】

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

10

【 0 0 6 6 】

ここで、E は x 及び y に依存する x - y フィールド面中の強度分布である。実質的に一様な照明が得られる場合、走査エネルギーが x 位置に実質的に独立である場合に有利である。従って、走査方向の一様性は以下のように規定される。

【 0 0 6 7 】

$$\text{一様性}[\%] = 100\% * (SE_{\max} - SE_{\min}) / (SE_{\max} + SE_{\min})$$

【 0 0 6 8 】

この場合、SE_{max}は、照射されたフィールド領域で発生するスキャニングエネルギーの最大値であり、SE_{min}は、最小値である。図 8 b において、x 方向における SE_{min} 及び SE_{max} とともに、非常に誇張したやり方で、積分された走査方向の一様性が示されている。

20

【 0 0 6 9 】

既に上述したように、例えば図 5 から 7 の説明において、放射特性は、瞳ハニカム平面 3 . 1 内又は近接した抽出した光源のイメージング (いわゆる第 2 の光源) と、個々の瞳ハニカム 3 . 1 . 1 が重なり始める光バンドル 2 7 . 1 及び 2 7 . 2 中の平面との間での平面中の位置に依存する方法で補正され得る。従って、放射特性に影響し得る。それぞれのチャンネルに、つまり、ハニカムコンデンサーにおけるそれぞれの第 2 の光源に、従って、それぞれの瞳ハニカム又は第 2 のラスタエレメントに、割り当てられた複数のフィルタエレメント 2 3 を有するフィルタ 2 5 は、例えば上述したように、前記ハニカムと、第 2 の光学エレメント 3 . 1 の瞳ハニカムの付近までとの間、又は、瞳ハニカムのわずかに後との間に、第 1 光学エレメント 3 . 3 のフィールドハニカムの前に近接して配列され得る。屈折型ハニカムコンデンサー中では、前記フィルタは、フィールドハニカムの前又は瞳ハニカムの後に有利に付着される。屈折型ハニカムコンデンサーにおいて、前記フィルタは、フィールドハニカムの後で光源 (図示せず) の光路中に有利に配列される。従って、これは 2 つの経路中で作用し、主に入射及び反射ビーム路で作用する。このことは、個々のハニカムチャンネルに割り当てられ、第 1 光学エレメント 3 . 3 のフィールドハニカムと第 2 光学エレメント 3 . 1 との間、第 2 光学エレメント 3 . 1 の瞳ハニカムの後に形成されている、光バンドル 2 9 . 1、2 9 . 2、2 7 . 1、2 7 . 2 が重ならないという利益をもたらす。それ故、放射特性が最適な方法で制御され得る。

30

【 0 0 7 0 】

イメージング設定、つまり、イメージングの干渉度が変化した場合、これは照明システムの出射瞳の照明が変化していることを意味するが、均一な照明を提供するためにフィルタを調整することが必要であり得る。この目的のためには、特定の調整用にいくつかのフィルタが変換器を介して利用可能になされることが有利である。このフィルタは、それぞれの照明装置に対して、つまり、例えば、ハニカムコンデンサーの製造ばらつきや、多層コーティングにおける反射防止コーティングに対する個別の方法において、調整することができる。例えば、照明システムを搭載した後で、フィールド面における照明が計算で予測された所望の均一性から外れていると判明した場合、本発明に従って補正又はフィルタエレメントのそれぞれを適合させることでフィルタによって所望の均一さに遡及的に設定することができる。この目的のために、測定された均一な分布から出発して、フィールドポイントに結合されたフィルタ中のポイントで透過フィルタのより高密度を決定し、そ

40

50

れが圧倒する。

【0071】

フィルタの交換は、異なるセッティングを直接的に設定することを原則として可能にする。しかしながら、これは光損失を伴う。

【0072】

図9は、瞳ハニカムの後に配列した、例えばいくつかのフィルタエレメント23.1、23.2、23.3、23.4を有する従来型の設定のような、所定の照明設定に対するより詳細な図5から図7において示したフィルタ25の実施例を示す。典型的な方法においては、ハニカムコンデンサーの4つのチャンネルに対して、回転対称の送信分布が設定された4つの長方形の領域が示されている。この送信は、例えば、可変の厚さでのクロムコーティング又は、印刷技術のようなラスタされた方法（図示のような）でのクロムコーティングといった、様々な方法で構成されている。抽出して示された4つのセグメントにおける各セグメントは、第1ラスタエレメントを備えた第1光学エレメントによって形成された図5から図7に示されたような第2の光源から発生した図5から図7に示されたようなハニカムチャンネル又は光チャンネル又は光バンドルに相当する。前記フィルタは、図示された4つのハニカムチャンネル用の同一のフィルタエレメントで実質的に構成されている。このフィルタは、それぞれの設計によって生じるランバード特性からの大きな偏差を補正するのに適している。設計誤差は、独立したハニカムレンズ又は鏡が製品化の結果非球面ではなく球状に設計され、又は、全てのチャンネルの光学面が類似の方法で設計されて個々のチャンネルの最適化が省略されている、という事実による誤差である。

【0073】

他方では、図10は、位置依存の方法での単一のハニカムチャンネルにおける製品誤差を補正するハニカムチャンネル用のフィルタの実施例を示す。従って、フィールド7の均一な照明が、このハニカムチャンネル用にフィールド面9内で得られる。製品誤差は、表面誤差、コーティング誤差調整誤差、及び、フィールドハニカムにおける理想的な幾何学的図形からの偏差によってもたらされ得る。このようなフィルタは、フィールド面9又は撮像面19におけるその後測定された一様性誤差から例えば計算されて、照明システム中に導入され得る。実質的な製品誤差を補正するこのフィルタは、設計誤差を補正する上述のフィルタと連結され得る。従って、1つのフィルタだけが、用いるために必要となる。図10におけるフィルタエレメントの補正の進行は、製品ばらつきの結果として各ハニカムチャンネルに対して得られる。この送信は、例えば、可変の厚さでのクロムコーティング又は、印刷技術のようなラスタされた方法（図示のような）でのクロムコーティングを介して整えることができる。

【0074】

図11は、フィールドハニカムを備える、図5から図7において示した、第1光学エレメント3.3の前に配列されたランダムセッティング用のフィルタを示す。前記フィルタは、6つのハニカムチャンネル用の、つまり、ダイアフラムによって走査方向における拡張が変えられる光インテグレータによって利用可能に作製される6つの光チャンネル用の、6つのフィルタエレメントを備える実施例として示される。このフィールドハニカム41.1及び41.2用の異なるダイアフラム43.1及び43.2が、実施例として示されている。本発明によるフィルタエレメントが全てのフィールドハニカムの正面に装着されることは必要ではない。要求される誤差補正の一様性を得るためには、より低い数のフィルタエレメントで、通常十分である。ランバード特性からの偏差の結果として10%の一様性誤差が存在している場合に抑えるためには、選択的に、つまり、走査方向に積分した一様性における一様性誤差を0.5%未満のフィールド高さに依存する方法で100のハニカムチャンネルのうち40を遮断すれば十分である。それぞれのハニカム又は光チャンネルにおけるフィルタエレメントの結果として、光チャンネルにおける光の強度は、例えば導入されたダイアフラム43.1、43.2によってフィルタエレメントの後で抑制される。このことは、図11において明示されている。この光の減少は、位置依存の方法において発生する。つまり、フィルタエレメントの表面を照射する光チャンネルの光は、様々な照射さ

れた表面領域における異なる場所で、例えば、完全にダイアフラムの領域中や、ダイアフラムが光チャネル中に提供されていないような場所で、減少する。それ故、この減少は、位置に依存する。図9又は図10において示されたグレーフィルタのような透過フィルタエレメントの場合において、透過及びこれによる減少は、位置に依存する方法で、0%の減少から100%の減少の範囲で可変に調整することができる。

【0075】

照射領域7（例えば、図8aにおいて示したようなリングフィールド）におけるフィールド面9における透過した放射フラックスを投影した後に、走査方向、つまり、照明のy方向における走査方向に積分した一様性を補正するダイアフラムに換えて、透過する際の（例えば、フィールド面9におけるリングフィールドの）照明の一様性を補正するフィルタエレメントを備えたフィルタを装着することもできる。ダイアフラムは、例えば、EUVリソグラフィで用いられるようなミラーシステムの場合における選択の解決策となり得る。透過フィルタエレメントは、例えば157nm又は193nmといった、より長波長の場合において、好ましい選択肢である。

【0076】

図9及び図10は、透過フィルタエレメントを備えたフィルタに対する実施例を示す。図11は、ダイアフラムを備えたフィルタエレメントから構成されているフィルタに対する実施例を示す。図11の説明から示されるように、照明の十分な走査積分された均一性を得るためには、フィールドハニカムの前にダイアフラムを単に装着することで十分である。

【0077】

静的に設計されているフィルタエレメントがこのポイントまで記述されているが、つまり、フィルタエレメントは例えば製品誤差を補正するのと同じ方法で設計されているが、本発明はこれに限定されるものではないことは理解されるべきである。

【0078】

静的なフィルタエレメントに加えて導入することができる能動フィルタエレメントを提供することも可能であろう。このような能動フィルタエレメントは、第1ラスタエレメントと第2ラスタエレメントとの間に形成されるハニカムチャネルからの光強度を減少することができる能動部品を備え、例えば、最大で完全に遮断される範囲で光強度を減少する。このような能動部品は、フィールドハニカムとしても設計されている個々の第1ラスタエレメントの端部で様々な方法で光強度が減少するように有利に設計されている。これにより、この照射される平面中において典型的に発生する過剰なフラックス密度、つまり、いわゆるフィールド面を減少させることができ、又は十分に回避することさえできる。このような能動フィルタエレメントにおける能動部品は、移動可能で厚さが可変であるワイヤのような例えば遮蔽を行うエレメントである。ビーム路の中で回転可能な櫛形のダイアフラム（comb diaphragms）又は可変の透過または反射を有する電気光学部品もまた可能であろう。

【0079】

フィールド面中における照明の一様性は、フィールド端部で過剰な照明が顕著に生じているときに、光軸に向かう方向における第2光学ラスタエレメント（すなわち瞳ハニカム）の後で移動可能なフィルタエレメントの透過によって可変に補正することができる。図9のフィルタと類似なフィルタは、瞳ハニカムに近接して着座して光線のバンドルがフィルタエレメント23.1から23.4の中央領域のみを介して妨害されずに通過することを許容されるか、又は間隔を空けて配置されることで光線のバンドルを第2の光源の後に十分に拡げて、フィルタエレメント23.1から23.4によって端部での減少されるように、z方向において相違するバンドルの中に移動する。

【0080】

図12は、国際公開第02/00608号パンフレット（EP）（その開示範囲は本出願によって完全に組み入れられる）において例えば示されるような、EUV投影照明システムの実施例を示す。

【0081】

図12によるEUV投影照明システムは、例えば、グレーチングによって実現される回折スペクトルフィルタ200を有する照明システム206を備える。光源201における中間像Zの付近におけるダイアフラム202とともに、例えば所望の波長（この場合には13.5nmである）よりも実質的に高い波長での望ましくない放射が、ダイアフラム202の後に位置する照明システムの部位に入るのを妨げることができる。

【0082】

ダイアフラム202もまた、下流の照明システム206からグレーチング200を分離するのと同様に、スペース204、集光器203を用いて光源1を空間的に分離するために使用することができる。中間部の焦点Zに近接するバルブの導入によって両方のスペースが分離されたときには、圧力による分離もまた可能である。空間的または圧力の分離により、光源から、ダイアフラム202の後に位置する照明システムに到達するまでの塵埃を防ぐことができる。

【0083】

図12で示されるような照明システムは、8つのミラーシェルの有するネスト化された集光器203を備える。第1光学エレメント102は、それぞれ54mm×2.75mmに延長された122の第1ラストエレメントを備える。第2光学エレメント104は、第1ラストエレメントに付随してそれぞれ10mmの直径を有する、少なくとも122の第2ラストエレメントを備える。例えば、本発明による図5から図7、より詳細な図11を参照して記載されているフィルタエレメントに対応する補正エレメントは、1000で表され、第1ラストエレメントを有する第1光学エレメント102の前に直接配列されている。補正エレメントは、フィルタハンドル中で他のイメージングセッティングと交換するために位置している。前記フィルタハンドルは、ほぼ回転軸1010で回転することができる。（上述したように）能動部品を備えるフィルタエレメントとしての構成が可能である。図示された実施の形態において、補正エレメント1000は、ラストエレメントを有する第1光学エレメントの正面に位置している。このようにすると有利ではあるが、決して必須ではない。図5から図7において示したような、ラストエレメントを有する第2光学エレメント104の後、又は、第1又は第2ラストエレメントを有する第1及び第2光学エレメント102、104の間に配置することも可能であろう。図12において示したような反射型システムの場合には、ファセットした光学エレメント102又は104に近接したフィルタエレメントを備えることが有利である。

【0084】

第2の光学エレメント104の第2のラストエレメントは、6枚の鏡128.1, 128.2, 128.3, 128.4, 128.5, 128.6を備えた下流の投影レンズ126における入射瞳Eの中に鏡106、108を介して投影される。投影レンズ126は、対象面114中のリングフィールドを、照射される対象が位置する撮像面124中の撮像フィールドに投影する。構造ベアリングマスク（structure-bearing mask）は、対象面114中に配列されている。

【0085】

対象面114中のリングフィールドを形成するための照明システムのフィールド形成鏡110は、回転双曲面のオフ軸セグメントから成る。

【0086】

図12で示されるようなシステムは、対象面114中における $NA = 0.03125$ の照明口径で $R = 130\text{ mm}$ のフィールド半径で、つまり、レチクルの上で、照射される対象の平面124における口径 $NA = 0.25$ を有する下流の4:1の投影レンズの入射瞳Eにおける充填率 = 0.5によって、設計される。

【0087】

図12に示したような投影照明システムは、第1光学エレメントのフィールドハニカムを、例えば照射される対象（例えばレチクル）が配列されているフィールド面に直接的に投影するが、フィールドハニカムとしても設計されている第1ラストエレメント中に投影

10

20

30

40

50

照明システムを配置することもまた可能である。前記第1ラスタエレメントは、中間撮像に最小に投影されて、その後、ビーム路中に位置するレンズシステムによってレチクルが配置されるフィールド面に投影される。このような照明システムは、その開示の範囲が本出願において完全に組み込まれる国際公開第01/09681号パンフレットから理解される。

【0088】

図13は、図5から図7又は図12において示されるようなスキャニング投影照明システムにおけるフィールド面9又は114中で照射されるフィールドを示す。走査方向はy方向である。前記フィールド全体に亘る強度 $SE(X) = \int SE(X(y)dy$ は、その強度をy方向に積分しており、走査方向に積分した強度に対応する。ライン250は、フィールド高さx1に対する走査方向で表される。このフィールド高さx1に対する走査積分強度 $SE(x1)$ を減少させたい場合には、結合した走査路に沿ったフィールドハニカム上で本発明によるフィルタによって透過出力を減少させる必要がある。従って、所望の走査積分強度 $SE(x1)$ が得られる。図14は、図5から図7又は図12におけるフィールド面9又は114に投影される図13で選択するようなフィールド高さx1に対する結合走査路を示す。走査積分強度 $SE(x1)$ は、例えば走査積分の光出力を低減してこれにより一様性誤差を補正する目的で適切に配列したダイアフラムによって低減することができる。(図14において示したような)フィールドハニカム上の結合走査方向260に沿ったダイアフラムの形状により、例えば、第1及び第2ファセット光学エレメントを有する二重にファセットした照明システムにおける、チャンネル27.1, 29.1に対する走査方向250中のフィールド面の照明が決定される。例えば122のフィールドハニカム、つまり、例えば122のチャンネルを有する光学システムがあれば、ダイアフラムを経たフィールドハニカム上で走査積分した一様性を最大で約1%補正することが唯一可能である。この目的のためには、光学システムを完全なフィールドハニカムの下で停止することが必要であろう。しかしながら、これは照明の設定に影響があるであろう。それ故、走査積分した一様性の補正を、関連する瞳ハニカムが出射瞳をできるだけ対称に出射する多くのフィールドハニカムに亘って均等に分配することが有利である。これにより、前記フィルタは、照明の主要な光線上又は撮像平面17中のテレセントリシティで何ら影響を受けない。

【0089】

図15は、補正エレメント1000を有さない図12によるEUV投影装置に対するフィールド高さxに依存する走査積分した強度 $SE(x)$ の実施例を示す。照射されるフィールドにおける高さxが最大で $x = \pm 5.2\text{ mm}$ における、最小の走査積分した強度 SE_{min} は97.7%であり、最大の走査積分した強度 SE_{max} は104.6%である。これに対する一様性誤差は、 $SE = (SE_{max} + SE_{min}) / (SE_{max} - SE_{min}) = 3.4\%$ である。

【0090】

図16は、フィールドハニカムの前にフィルタエレメントを備えた図12に示したような補正エレメント1000を用いて得られるフィールド面における一様性を示す。一様性誤差は、本発明に従って、それにより照明設定におけるテレセントリシティ特性の影響のないフィルタによって0.5%より大きく補正される。この実施例において、前記フィルタは、図12に示したようなEUV投影装置におけるフィールドハニカムの正面に配置されたダイアフラムを有するフィルタを備えた図11に示すようなフィルタの形状を有する。この目的のために、フィルタを有さない照明の一様性は、最初に撮像面17又は124中で決定された。そして、122のフィールドハニカムのうち28が選択された。撮像面における照明を整えるためにダイアフラムのそれぞれの形状は、図13及び図14において示されて説明された方法で決定された。光源が引き起こす放射照度の進路と、ハニカムプレートに入射する集光レンズシステムとが考慮された。一様性誤差を3.4%に補正するためには、選択された28のフィールドハニカムから、0.5%未満の一様性誤差を得る目的で、フィルタエレメント上でフィールドハニカムによって照射された最大15%の照射表面だけを遮蔽することで十分である。図16における残りの誤差は、実質的な計算精度の結果であり、上述したような処理の反復によってさらに減少することができる。

【0091】

リングフィールド用をフィールド形成がアナモルフィックなフィールド鏡（例えば、図12に示した実施の形態で記載されるようなフィールド形成グレージング入射鏡110）を有する光学部品を通して発生した場合、少なくとも半径方向における正弦条件に対する違反が存在しない保証が必要である。方位角方向においては、（フィールドポイントに対して）結合された瞳ポイントの全てが同一角度で回転する、つまり、前記瞳が集光撮像している間一様に回転し、それ故、瞳の照明中の任意の不均一さを回避することを保証することが必要である。これについては、図17aから図17b及び図18aから図18bに示されており、図17a及び図17bは、環状の照明を示す。これに対し、図18a及び図18bは、双曲型の照明を示す。

10

【0092】

（例えば、フィールド形成グレージング入射鏡による）アナモルフィック投影によるリングフィールド形成を有する照明システム内では、光学上正確に出射瞳に結合される平面が存在しない。これは、例えば、前記フィールドに近接してリングフィールドを形成するために使用される図12におけるグレージング入射鏡110のようなアナモルフィック効果を有する光学部品の光学的効果による。孤立したフィールドポイントを考慮すると、前記フィールドに近接するグレージング入射鏡は、瞳ファセット鏡近傍で第2の光源ポイントのステイグマティック投影を照明システムの出射瞳中で行う。瞳の照明が安定している（つまり、照明における主要な光線、直径及び均一性がフィールド面において照射されるフィールドの全ての地点で同等であり、従って例えば 偏差がフィールド全体で変化しない）ことを保証するため、正弦条件が半径方向で（つまり、瞳平面の r 方向で）満たされなければならない。それ故、出射瞳は、異なるフィールドポイントに対する単一の回転によって得られる。図17bに示されるように、瞳の回転角は、フィールド面400中のフィールドポイント411の方位角と一致することが好ましい。図17a及び図17bに示されるように瞳の照明405及び415は、環状の照明設定に対応する。角度 で異なっているフィールドポイント401及び411に対する瞳はほぼ角度 で回転することによって得られるので、図17a及び図17bに示した照明設定は、フィールドに依存しない。

20

【0093】

主要な光線403及び413は、フィールドポイント401と、フィールドポイント411、ならびに環状の照明405及び415を備えた瞳面を備えたZ軸の交差ポイントの間に延在する。図17aにおけるフィールドポイント401は、中心のフィールドポイント(0, 0)を示し、フィールドポイント411は、図17bにおける軸外のフィールドポイントを示す。

30

【0094】

半径方向（つまり、瞳面の中の r 方向）でのみ正弦条件を満たすことにより、フィールド面中の一様性は、瞳ハニカムプレート中の反射特性により決定される。この場合において適切な反射特性が存在しなければ、上述したようなそれぞれの補正をすることが必要である。

【0095】

本発明はまた、単純な方法で異なる照明セッティングを実現することも許容する。

40

【0096】

もし、四極型又は双極型の照明といった、図17a及び図17bで示したような環状の照明から外れる照明を設定しようとする場合、本発明によるフィルタは、フィールドのファセット平面中の好適なダイアフラムによりもはや必要としないサブ瞳（sub-pupils）を遮断するために用いることができる。サブ瞳は、例えば122のハニカムチャネルを備えるハニカムコンデンサーにおける単一のチャネルにより形成されるような二次的な光源のイメージとして理解されるべきである。

【0097】

この目的のために、図13及び図14によれば、サブ瞳が照射される各チャネル及び各

50

フィールド高さに対してフィールドハニカム上のラインを決定することが必要である。全ての瞳ハニカムが第2の光源のイメージに対応することが考慮されなければならない。各照明を設定するために、照射されない各領域は、瞳の回転によって一部だけフィールドハニカムを遮断する各ダイアフラムによって絞られるか、又は遮断されなければならない。

【0098】

図18a及び図18bは、双極型の照明の場合を示す。双極型の照明は、投影されたフィールドのコントラスト及び深さを増大させることができる。ここで、H.H.Hopkins著、“On the diffraction theory of optical images, Proc. Roy. Soc. London, A271, pp. 408-432 (1953)”の参考文献を示す(例えば、上記文献中の第3章、422ページ)。図18において示されるように、フィールドハニカム上の異なるチャネル又は関連する領域は、フィールドに依存する方法で出射瞳の回転の結果として遮断されなければならない。

10

【0099】

中央のフィールドポイント401用の瞳照明は、双極型の照明の場合用の図18aにおいて示される。双極型の照明に対しては、この場合において光軸に対してX方向に配置される前記瞳の2つの軸外の領域だけが照射される。双極型の照明を保証するために、参照番号407で示される領域中の暗いスポット(dark spot)だけが照射される。

【0100】

軸外フィールドポイント411用の瞳は、角度 に関する回転によって得られる。軸外フィールドポイント用の瞳は、図18bに示されている。異なるフィールドポイント401及び411に対する瞳の照明を比較したい場合には、フィールド平面中のX/Yシステム座標におけるポイント(0, 0)としても示される中央のフィールドポイント401に関連する瞳の照明は、フィールドポイント411に対する角度 に関して回転することが考えられる。フィールドポイント411に関連する瞳の領域417における暗いスポットは、図18aの参照番号407で示される照明に対応する。軸外のフィールドポイント411と同様に中央のフィールドポイント401に対して同じ瞳の照明を保証するために、中央のフィールドポイントに対して瞳ハニカム及びこれによりハニカムチャネルが瞳面中の領域409中で絞られるように、好適なダイアフラムがフィールドハニカムの正面に提供され得るが、領域407を照らすチャネルは半透明である。照明419に対応する、フィールドポイント411用のチャネルは、絞られて、半透明のチャネルは、領域417に対応する。これを達成する方法は、四極型の設定を参照した実施例によって下記で説明される。

20

30

【0101】

設定を行うための本発明によるダイアフラムの決定は、図19から図23における四極型の設定の実施例によって示されている。投影レンズに一致する照明システムの出射瞳は、図20から図23において示されるように、領域250中だけで各フィールドポイントに対して照射される。上述したように、フィールド形成グレージング入射鏡を有するEUVシステムにおいて、フィールド形成鏡が瞳ハニカムプレートを出射瞳中で撮像するために用いられる場合、瞳ハニカムプレートのイメージは、照明システムの出射瞳中で回転する。

【0102】

40

走査投影照明システムにおけるフィールド面114中で照射されるリングフィールド506は、図19において示されている。走査投影照明システムは、図12において実施例として示されている。

【0103】

合計4つのフィールドポイント501.1, 502.2, 503.3および504.4が、照射されるリングフィールドで示される。

【0104】

異なるフィールドポイントに属する出射瞳は、図20から図23に示されている。図20は、中央のフィールドポイント501.1の出射瞳531.1を示す。図21は、角度 に関して回転するフィールドポイント501.2の出射瞳531.2を示す。図22は

50

、フィールド左端でのフィールドポイント 5 0 1 . 3 の出射瞳 5 3 1 . 3 を示し、図 2 3 は、フィールド右端でのフィールドポイント 5 0 1 . 4 の出射瞳 5 3 1 . 4 を示す。

【 0 1 0 5 】

図 1 9 は、第 1 ラスタエレメント（いわゆるフィールドハニカムコンデンサー）を有する第 1 光学エレメントに対する、例えば 1 2 2 の第 1 ラスタエレメントの外の 2 つの第 1 ラスタエレメント 5 0 2、5 0 4 をさらに示す。前記 2 つの第 1 ラスタエレメント 5 0 2、5 0 4 は、下記の説明において、第 1 の第 1 ラスタエレメント 5 0 2 及び第 2 の第 1 ラスタエレメント 5 0 4 として示される。

【 0 1 0 6 】

各第 1 ラスタエレメント又は、いわゆるフィールドハニカムは、第 2 ラスタエレメント又はいわゆる瞳ハニカムに関連し、それ故、それぞれのフィールドポイントに属する出射瞳中のサブ瞳に関連している。第 1 の第 1 ラスタエレメント 5 0 2 のサブ瞳は、5 1 2 で示されている。第 2 の第 1 ラスタエレメント 5 0 4 のサブ瞳は、5 1 4 で示されている。

【 0 1 0 7 】

リングフィールド 5 0 6 のフィールドポイント 5 0 1 . 1 に割り当てられる図 2 0 における出射瞳 5 3 1 . 1 を考慮する場合には、第 1 の第 1 ラスタエレメント 5 0 2 に割り当てられるサブ瞳は、出射瞳 5 3 1 . 1 において照射される領域 5 2 0 内に存在する。第 2 の第 1 ラスタエレメント 5 0 4 に割り当てられるサブ瞳 5 1 4 は、中心フィールドポイント（0, 0）に割り当てられる出射瞳 5 3 1 . 1 において照射される領域 5 2 0 の外側に存在する。

【 0 1 0 8 】

関連する出射瞳は、リングフィールド 5 0 6 の他のフィールドポイントの回転を通じて提供される。他のフィールドポイントの出射瞳を回転させることによって、それぞれの瞳ハニカムに関連する個々のサブ瞳もまた回転する。このようにして、サブ瞳 5 1 2 は、他のフィールドポイントに対して照射される領域 5 2 0 の外に移動する。全てのフィールドポイントに対して四極型の設定をさらに保証するために、これらの領域は、それぞれのフィールドハニカム上の（図 1 9 において示されるように）フィルタダイアフラム 5 2 2、5 2 4 によって遮蔽されてもよい。

【 0 1 0 9 】

フィールドハニカムが完全に遮断される領域は、光学的に結合されたフィールドポイントで放射フラックスに寄与しない。何故なら、放射フラックスは、このチャネルに対して遮断されるからである。図 1 8 a から図 1 8 b、及び図 2 0 から図 2 3 に示したように、構築した照明は、このように理解することができる。例えば単一のラスタエレメントの前に、フィルタダイアフラム 5 2 2、5 2 4 を V 字形に配置した結果、瞳の中で滑らかな勾配が得られる。同時に、この勾配は、レチクル面中の照明の一様性が外れる（ジャンプすること）を妨げるために用いられる。滑らかな勾配は、フィールドを通して走査方向を横断するように移動するときに、瞳ハニカムが急激に遮断されないように付与されている。その代わり、ハニカムチャネルが緩やかに遮蔽され、又は曲がって、X 方向の所定の高さ以内にゆっくりと作動する。これは、図 1 9 による投影された走査方向に対するスロープを有するダイアフラムの縁部によって達成することができる。

【 0 1 1 0 】

図 2 0 は、中央のフィールドポイントに割り当てられた出射瞳に対する 1 0 7 のチャネル用のサブ瞳を示す。フィールドハニカム 5 0 2、5 0 4 に関連するサブ瞳は、参照番号 5 1 2、5 1 4 で示され、誇張されている。出射瞳 5 3 1 . 1 における有縁領域 5 2 0 中のサブ瞳だけが、四極型の照明に寄与すべきである。これが、図 1 9 のフィールドハニカム 5 0 4 に対応する 2 つのサブ瞳 5 1 4 の右側のものが、例えば、それぞれのフィールドハニカム 5 0 4 の前に配列された局所的なダイアフラムによって遮断されなければならない理由である。

【 0 1 1 1 】

図 2 1 は、フィールド高さ x に対応する角度 に関する回転によって得られるフィール

10

20

30

40

50

ドポイントに対する出射瞳 5 3 1 . 2 を示す。これらサブ瞳は、全て角度 に関して回転する。今、フィールドハニカム 5 0 4 に割り当てられたサブ瞳 5 1 4 は、照明に寄与しなければならない。つまり、図 1 9 に示したフィールドハニカム 5 0 4 における位置で、停止又は遮断があってはならない。他方、図 1 9 のフィールドハニカム 5 0 2 だけが、サブ瞳 5 1 2 を有する所望の照明に部分的に寄与し、それ故、図 1 9 のフィールドポイント 5 0 1 . 2 に割り当てられた瞳 5 3 1 . 2 の有縁領域 5 2 0 だけを照射するために、部分的に停止する必要がある。

【 0 1 1 2 】

図 2 2 及び図 2 3 は、リングフィールド 5 0 6 のフィールド左端及びフィールド右端での図 1 9 のフィールドポイント 5 0 1 . 3、5 0 1 . 4 に関する出射瞳 5 3 1 . 3、5 3 1 . 4 を示す。図 2 2 は、左端フィールドポイント 5 0 1 . 3 用の出射瞳 5 3 1 . 3 を示し、図 2 3 は、右端フィールドポイント 5 0 1 . 4 用の出射瞳 5 3 1 . 4 を示す。それぞれのフィールドハニカム 5 0 2、5 0 4 のサブ瞳は、5 1 2 及び 5 1 4 で示される。

【 0 1 1 3 】

図 2 4 は、例えば、この開示範囲が本出願においてここで完全に組み込まれている国際公開第 0 2 / 2 7 4 0 1 号パンフレットのような、当技術分野の水準に従う、フィールドハニカムの正面のダイアフラムを示す。この図 2 4 による実施の形態においては、前記ダイアフラムは、完全に照射されたフィールドハニカムだけがフィールド面中に投影されるように構成されている。全体で、第 1 光学エレメントは、例えば 1 2 2 の第 1 ラスタエレメント、すなわち、いわゆるフィールドハニカムを備える。

【 0 1 1 4 】

図 2 4 に対して、図 2 5 は、フィールドハニカムを備える第 1 光学エレメントに対する本発明による例えば図 1 2 において示したような E U V 投影露光装置中の、補正エレメント 1 0 0 0 として使用することができるフィルタ 6 0 2 の実施の形態を示す。一様性誤差が既に極低（例えば、約 2 %）であれば、残存する一様性誤差は、本発明により非常に僅かなハニカムチャネルだけをフィルタリングすることでダイアフラム 6 0 4 によって補正することができる。図示した実施例において、小さいしぼり又は遮蔽の領域 6 0 6 は、約 3 %、特に 2 % から約 0 . 5 % 未満での一様誤差を補正するダイアフラム 6 0 4 の端部で 8 つの使用可能なフィールドハニカム又は第 1 ラスタエレメント 6 0 3 . 1、6 0 3 . 2、6 0 3 . 3、6 0 3 . 4、6 0 3 . 5、6 0 3 . 6、6 0 3 . 7、6 0 3 . 8 だけで付けられる。これは、図 1 2 に示した E U V 投影露光装置用として、例えば図 1 5 及び図 1 6 において示されている。

【 0 1 1 5 】

記載したハニカムコンデンサーに換えて一般的なディフューザーが使用される場合、フィルタは単純な方法で移動することができる。ハニカムコンデンサーのように、ディフューザーの大部分はラスタされた構造を有し、フィルタポイントを照射する放射フラックスには、ディフューザー上の選択可能ポイントを有限の番号で割り当てることができる。この放射フラックス及びこれによる全体での一様性は、グレーフィルタによって同じ影響を受ける。製品ばらつきの結果として所望の方法によりフィールド面に均一に照射されないホログラフィーのディフューザーは、この補正フィルタが放射フラックスに対する些細な変化だけに適用される差異を有するホログラフィーのディフューザーのように計算し及び設計することができ、それ故、単なる吸収フィルタよりも、より感度の少ない方法及びより良い方法で構成することができる。Kurtz 他著の “Design and synthesis of a random phase diffusers” (J.Opt.Soc.Am.63,p.1080-1092(1973)) によって示されるような、前記ディフューザーが複数の鏡又はプリズムにより実現される場合、このようなディフューザーの反射特性は、本発明におけるフィルタ又は補正エレメントで補正され得る。

【 0 1 1 6 】

本発明は、フィールド面の均一な照明と同様に照射されるフィールド面に亘る一定の瞳の照明に対して供給されるハニカムコンデンサーを備える照明システムを最初に提供する。前記一定の瞳の照明は、1 0 % 未満の低い 偏差によって表されるが、理想的な一様性

10

20

30

40

50

から 0.5%未満の偏差を有するフィールドの様な照明と同時に達成される。様な照明に加えて、本発明によるフィルタエレメントは、半導体構造のマイクロリソグラフィにおける高コントラストの投影のための、テレセントリシティの特性の維持及び投影の設定を同時に許容する。

【図面の簡単な説明】

【0117】

【図1】屈折表現における照明システムの主要な配置を示す。

【図2】 補正されていないコンデンサーレンズシステムに対する実施例を示す。

【図3】 補正されているコンデンサーレンズシステムに対する実施例を示す。

【図4】本発明における補正エレメントを備える屈折表現における照明システムの主要な配置を示す。

10

【図5】第2ラスタエレメントを備える第2光学エレメントの後の、光源からフィールド面への光線の経路の一部での、本発明における補正エレメントを備える屈折表現における照明システムの主要な配置を示す。

【図6】第1ラスタエレメントを備える第1光学エレメントと第2ラスタエレメントを備える第2光学エレメントとの間の、光源からフィールド面への光線の経路の一部での、本発明における補正エレメントを備える屈折表現における照明システムの主要な配置を示す。

【図7】第1ラスタエレメントを備える第1光学エレメントの前の、光源からフィールド面への光線の経路の一部での、本発明における補正エレメントを備える屈折表現における照明システムの主要な配置を示す。

20

【図8A】X軸に沿って走査積分された均一度のプロットと同様にフィールド面中に照射されるリングフィールドの表示を示す。

【図8B】X軸に沿って走査積分された均一度のプロットと同様にフィールド面中に照射されるリングフィールドの表示を示す。

【図9】第2ラスタエレメントを備えた第2光学エレメントの後の光路中に配列するために、4つの光チャネル、いわゆるハニカムチャネルに対する4つのフィルタエレメントを備えた典型的なフィルタを示す。

【図10】位置に依存する製品欠陥を補正するために、光チャネル、いわゆるハニカムチャネルに対する典型的なフィルタを示す。

30

【図11】第1ラスタエレメントを備えた第1光学エレメントの前の、照射されるフィールド面へ光源からの光路中に配列するために、6つの光チャネル、いわゆるハニカムチャネルに対する6つのフィルタエレメントを備えた典型的なフィルタを示す。

【図12】特にマイクロリソグラフィ用の、投影照明システムの典型的な配列を示す。

【図13】フィールド面中に照射されるフィールドを示す。さらに、走査路も示される。

【図14】個々のフィールドハニカムを示す。さらに、走査路も示される。

【図15】補正エレメントを有さない図12によるシステムのフィールド面中の走査方向に積分した一様性を示す。

【図16】本発明による補正エレメントを有する図12によるシステムのフィールド面中の走査方向に積分した一様性を示す。

40

【図17A】リングフィールドの異なるフィールドポイントに対する環状の照明用の出射瞳の構造を示す。

【図17B】リングフィールドの異なるフィールドポイントに対する環状の照明用の出射瞳の構造を示す。

【図18A】リングフィールドの異なるフィールドポイントに対する双極型の照明用の出射瞳の構造を示す。

【図18B】リングフィールドの異なるフィールドポイントに対する双極型の照明用の出射瞳の構造を示す。

【図19】照明設定をセッティングするためのフィールドダイアフラムを備えるフィールドラスタエレメント用又はいわゆるフィールドハニカム用の2つの実施例と同様に異なる

50

フィールドポイントを有するフィールド面中で照射されるリングフィールドを示す。

【図20】リングフィールドの異なるフィールドポイントに対する四極型の照明用の出射瞳の構造を示す。

【図21】リングフィールドの異なるフィールドポイントに対する四極型の照明用の出射瞳の構造を示す。

【図22】リングフィールドの異なるフィールドポイントに対する四極型の照明用の出射瞳の構造を示す。

【図23】リングフィールドの異なるフィールドポイントに対する四極型の照明用の出射瞳の構造を示す。

【図24】国際公開第02/27401号パンフレットによるいわゆるフィールドハニカム又はフィールドラスタ元素の正面のダイアフラムを示す。

【図25】フィールドラスタ元素又はいわゆるフィールドハニカムを有する第1光学元素のための複数のフィルタ元素を備える本発明によるフィルタの実施の形態を示す。

【符号の説明】

【0118】

1 ... 光フラックス

3 ... ハニカムコンデンサー

4 ... 平面

5 ... コンデンサーレンズシステム

7 ... 特定領域

9 ... フィールド面

17 ... 光軸

21 ... 投影レンズ

40 ... ダイアフラム

【図1】

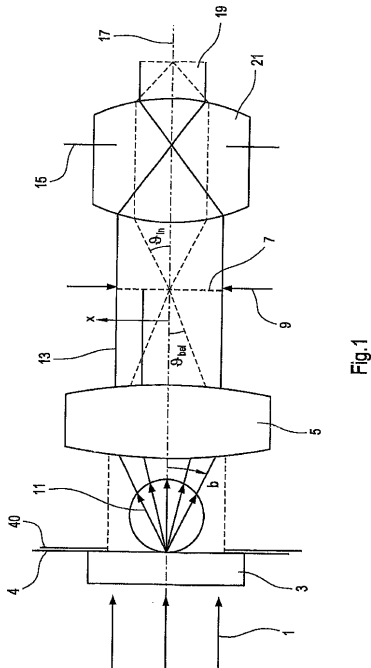


Fig.1

【図2】

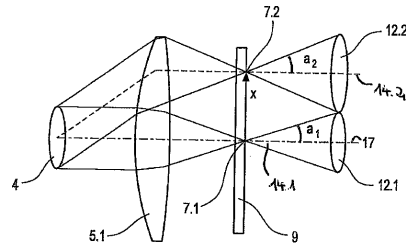


Fig.2

【図3】

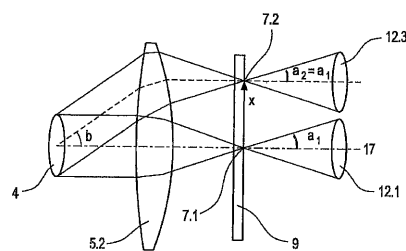


Fig.3

【図 4】

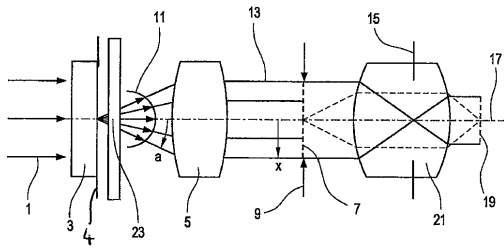


Fig.4

【図 5】

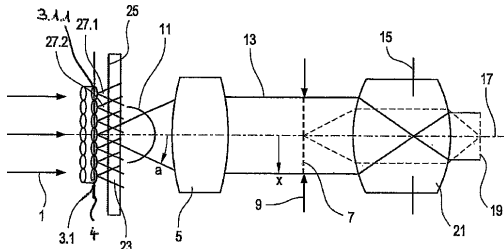


Fig.5

【図 6】

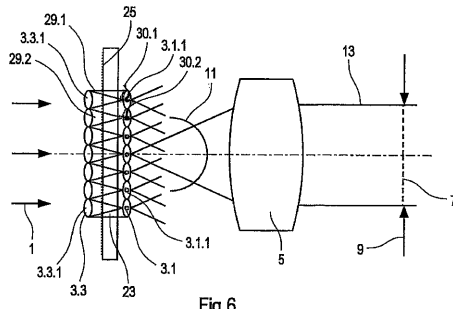


Fig.6

【図 7】

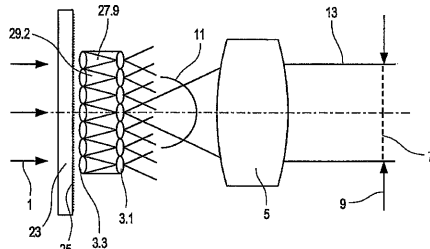


Fig.7

【図 8 a】

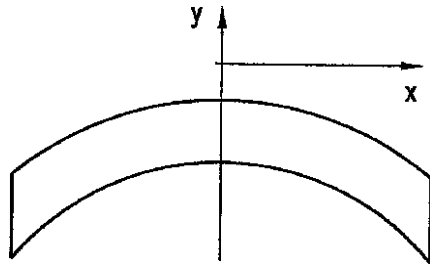


Fig.8a

【図 8 b】

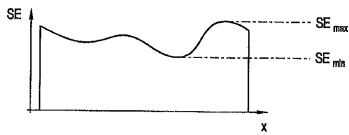


Fig.8b

【図 9】

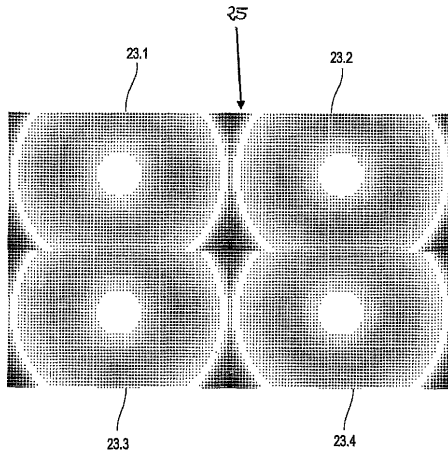


Fig.9

【図 10】

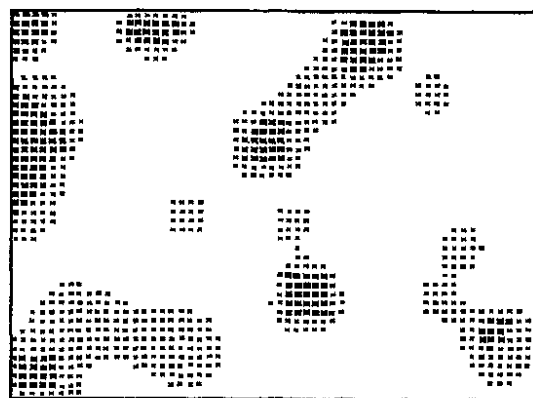


Fig.10

【図 11】

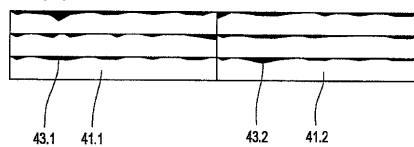
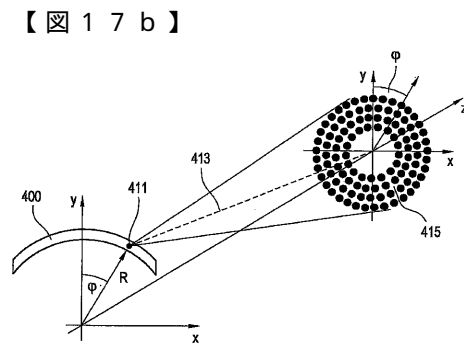
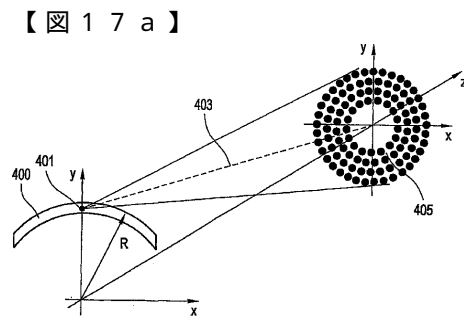
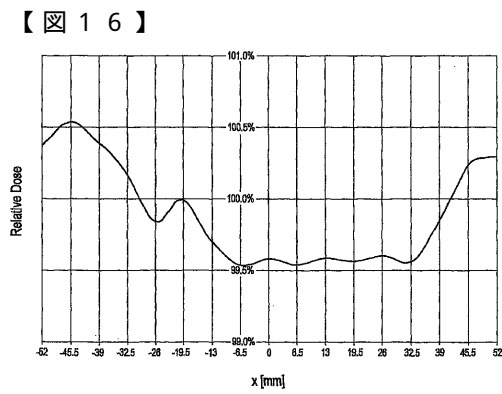
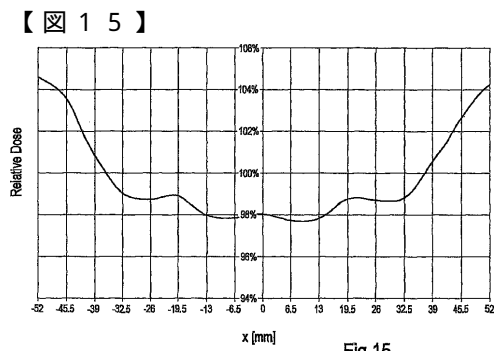
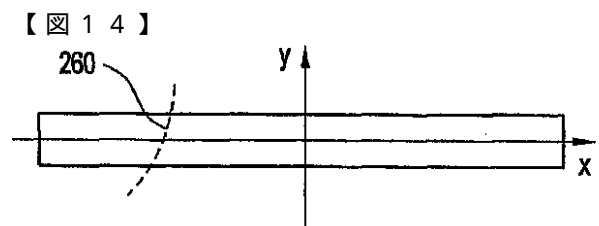
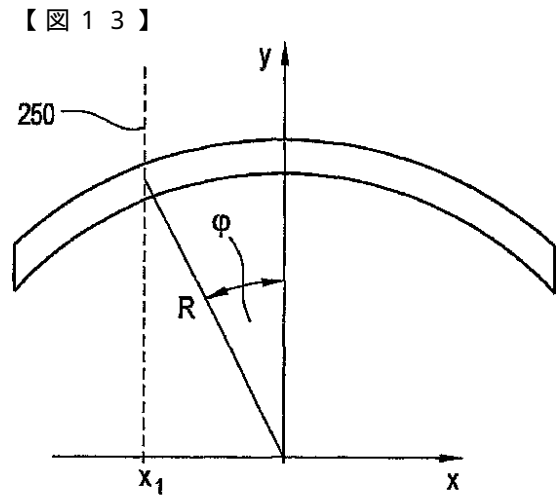
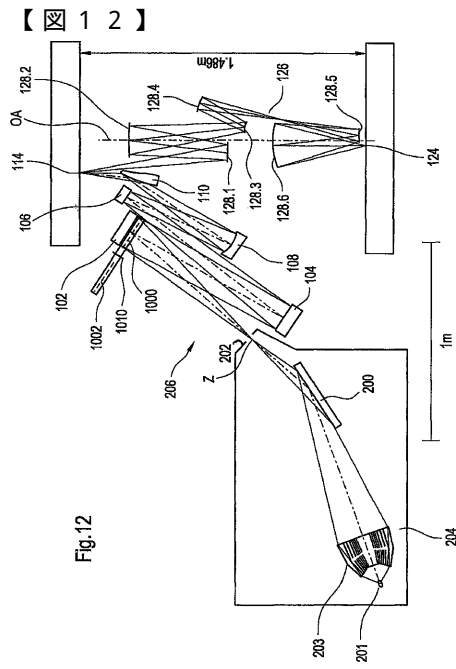


Fig.11



【図18a】

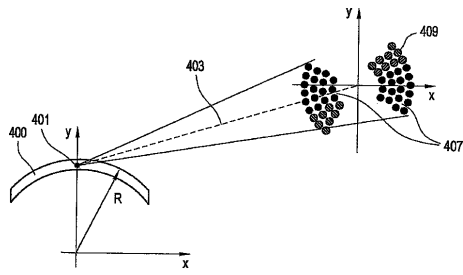


Fig.18a

【図18b】

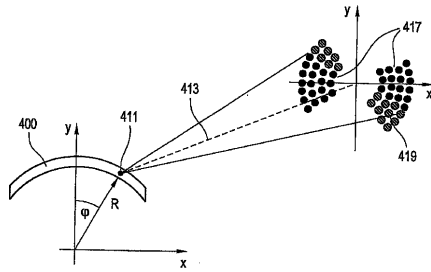


Fig.18b

【図19】

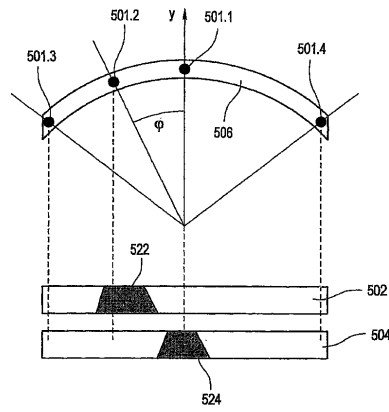


FIG. 19

【図20】

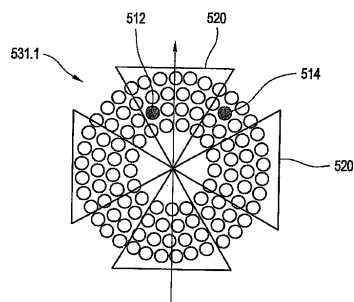


Fig.20

【図21】

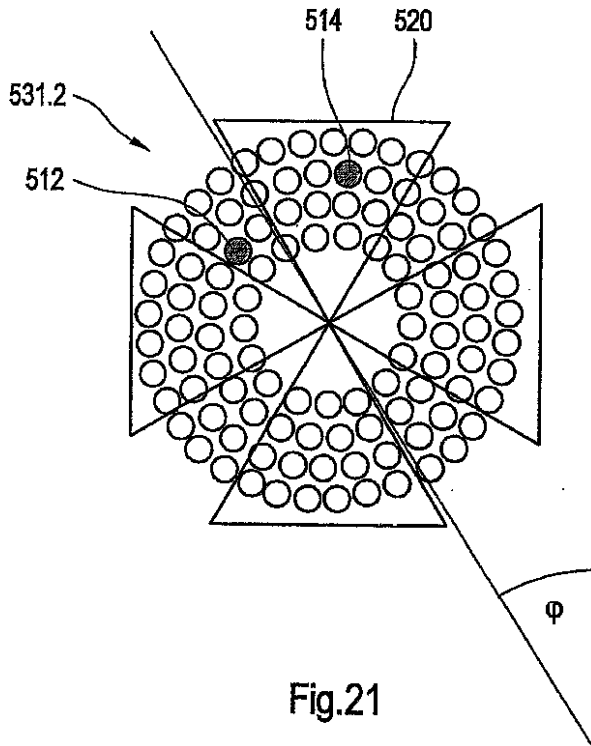


Fig.21

【図22】

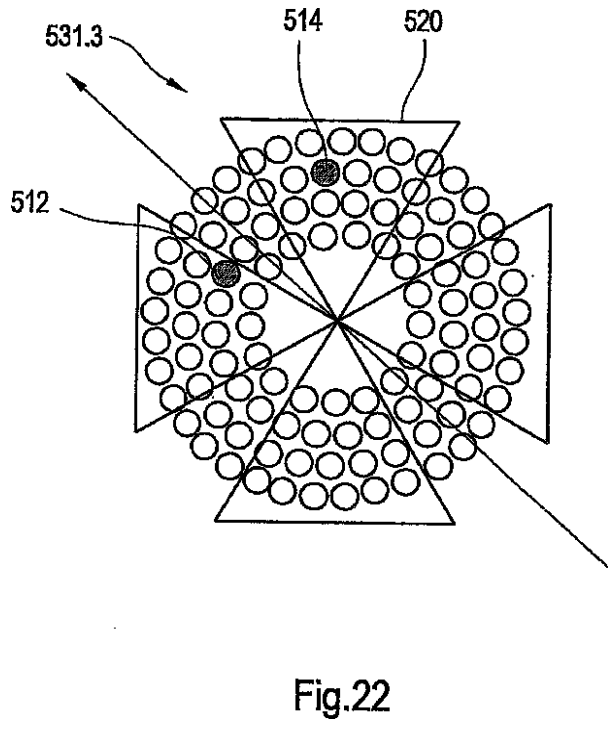


Fig.22

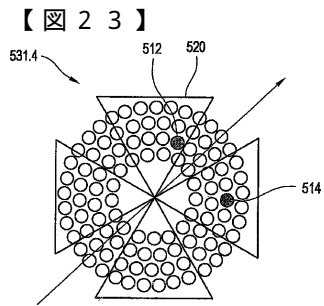


Fig.23

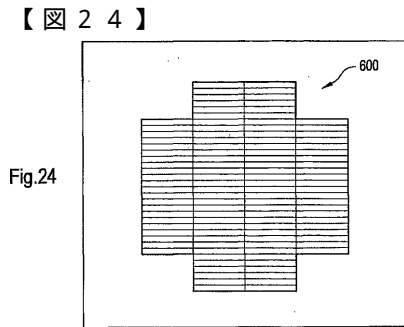
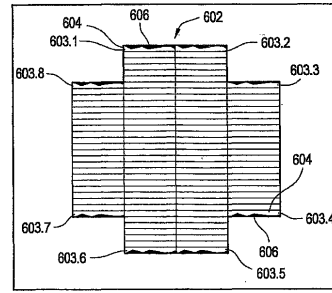


Fig.24

【図 2 5】

Fig.25



フロントページの続き

(74)代理人 100109335

弁理士 上杉 浩

(74)代理人 100089037

弁理士 渡邊 隆

(72)発明者 ヴォルフガング・ジンガー

ドイツ・73430・アーレン・エガーラントシュトラッセ・45

(72)発明者 ヨアヒム・ヴィートゾツレク

ドイツ・73430・アーレン・ジルヒャーシュトラッセ・61

(72)発明者 ヨアヒム・ハインツ

ドイツ・73430・アーレン・ツェッペリンシュトラッセ・49

(72)発明者 ガブリエレ・ヴァイラウヒ

ドイツ・73430・アーレン・ピショッフ・フィッシャー・シュトラッセ・47/1

(72)発明者 マンフレッド・マウル

ドイツ・73434・アーレン・エルヒヴェーク・29

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 国際公開第02/027400(WO, A2)

特開2003-185798(JP, A)

特開平08-181065(JP, A)

米国特許第06198793(US, B1)

米国特許第06452661(US, B1)

米国特許第06438199(US, B1)

欧州特許出願公開第01239330(EP, A1)

欧州特許出願公開第01202101(EP, A2)

特開2000-269114(JP, A)

特開平11-317348(JP, A)

特開平11-312639(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 7/20 - 7/24