

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5268170号  
(P5268170)

(45) 発行日 平成25年8月21日 (2013. 8. 21)

(24) 登録日 平成25年5月17日 (2013. 5. 17)

(51) Int. Cl.	F I
HO 1 L 21/027 (2006. 01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 W
HO 1 J 37/305 (2006. 01)	HO 1 J 37/305 B
HO 1 J 37/147 (2006. 01)	HO 1 J 37/147 C

請求項の数 14 (全 34 頁)

(21) 出願番号	特願2011-504449 (P2011-504449)	(73) 特許権者	505152479
(86) (22) 出願日	平成21年4月15日 (2009. 4. 15)		マッパー・リソグラフィー・アイピー・ビー・ブイ・
(65) 公表番号	特表2011-517130 (P2011-517130A)		オランダ国、2628 エクスケー・デルフト、コンピューターラン 15
(43) 公表日	平成23年5月26日 (2011. 5. 26)		
(86) 国際出願番号	PCT/EP2009/054467	(74) 代理人	100108855
(87) 国際公開番号	W02009/127658		弁理士 蔵田 昌俊
(87) 国際公開日	平成21年10月22日 (2009. 10. 22)	(74) 代理人	100109830
審査請求日	平成24年4月16日 (2012. 4. 16)		弁理士 福原 淑弘
(31) 優先権主張番号	61/045, 243	(74) 代理人	100088683
(32) 優先日	平成20年4月15日 (2008. 4. 15)		弁理士 中村 誠
(33) 優先権主張国	米国 (US)	(74) 代理人	100103034
早期審査対象出願			弁理士 野河 信久
前置審査		(74) 代理人	100095441
			弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 投影レンズ構成体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数の小ビーム ( 2 1 ) を使用してターゲット ( 1 1 ) を露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムであって、

前記荷電粒子マルチ小ビームシステムは、1つの投影コラムを具備し、この投影コラムは、

荷電粒子ビーム ( 1 A , 2 0 ) を発生させるための少なくとも1つの荷電粒子源 ( 1 ) と、

発生された前記荷電粒子ビームから、各グループが複数の小ビームからなる小ビームの複数のグループを発生させるように、発生された前記荷電粒子ビームから個々の小ビームを規定するためのアパーチャアレイ ( 4 、 1 8 ; 4 A , 4 B ) と、

小ビームの前記複数のグループの各々を異なる1つの収束点に向かって収束させるように、小ビームの複数のグループの各々を異なる収束点に向けるための小ビームマニピュレータ ( 5 , 5 A , 5 B ) と、

前記複数の小ビームの前記複数のグループ中の小ビームを制御可能にブランキングするための小ビームブランカ ( 6 ) と、

前記ターゲットの表面上に、前記小ビームの前記複数のグループのブランキングされていない小ビームを投影するための複数の投影レンズ系のアレイ ( 1 0 ) とを有し、

前記小ビームマニピュレータは、前記複数の投影レンズ系のアレイ内で異なる投影レンズ系に対応する点に、前記小ビームの前記複数のグループの各々を収束させるためのコン

10

20

デンサレンズアレイと、成形アパーチャアレイと、を有するように構成されているシステム。

【請求項 2】

前記小ビームマニピュレータは、グループ偏向器アレイ（6 G）を有する請求項 1 のシステム。

【請求項 3】

前記グループ偏向器アレイは、非均一な偏向動作を果す個々の偏向器要素のグループ状の構成体を有する請求項 2 のシステム。

【請求項 4】

前記小ビームの前記複数のループの各々の前記ブランキングされていない小ビームは、異なる単一の収束点に偏向される請求項 2 又は 3 のシステム。

10

【請求項 5】

前記グループ偏向器アレイは、前記小ビームブランカと一体化され、この一体化されたグループ偏向器 / 小ビームブランカは、各グループのブランキングされていない小ビームを共通点に収束させ、かつ、ブランキングされた小ビームを前記共通点に収束させないように構成されている請求項 2 ないし 4 のいずれか 1 のシステム。

【請求項 6】

前記グループ偏向器アレイは、中に形成された複数のアパーチャ（33）を有するプレートと、各アパーチャと関連している複数の電極（32, 34）とを有し、前記複数の電極は、前記複数のアパーチャを夫々通過する複数の小ビームを偏向させるように、電気信号を受信する請求項 2 ないし 5 のいずれか 1 のシステム。

20

【請求項 7】

前記複数の小ビームを成形するための成形アパーチャアレイ（18）をさらに具備する請求項 2 ないし 6 のいずれか 1 のシステム。

【請求項 8】

前記アパーチャアレイは、複数のサブビームを規定するように構成されており、前記成形アパーチャアレイは、前記複数のサブビームから前記複数の小ビームを発生させるように構成されており、前記アパーチャアレイと前記成形アパーチャアレイとは、単一のユニットに一体化されている請求項 7 のシステム。

30

【請求項 9】

前記小ビームマニピュレータは、グループ偏向器アレイを有し、前記グループ偏向器アレイと前記成形アパーチャアレイとは、単一のユニットに一体化されている請求項 8 のシステム。

【請求項 10】

前記アパーチャアレイは、複数のサブビーム（20 A）を規定するように構成されており、

前記コンデンサレンズアレイは、前記投影レンズ系のアレイ内の異なる投影レンズ系に対応する点に各サブビーム（20 B）を集束させるように構成されている請求項 9 のシステム。

40

【請求項 11】

前記成形アパーチャアレイは、集束された各サブビームから複数の小ビームを発生させるための複数のアパーチャを有し、

前記複数の小ビームのブランキングされていない小ビームは、投影レンズ系に対応する点に収束する請求項 9 又は 10 のシステム。

【請求項 12】

前記小ビームマニピュレータは、第 1 及び第 2 のコンデンサレンズアレイ（5 A, 5 B）を有する請求項 1 のシステム。

【請求項 13】

50

前記アパーチャアレイは、複数のサブビーム（20A）を規定するように構成されており、

前記第1のコンデンサレンズアレイ（5A）は、前記第2のコンデンサレンズアレイ（5B）の前の共通面に前記複数のサブビームを集束させるように構成されており、

前記第2のコンデンサレンズアレイは、前記複数の投影レンズ系の1つに対応する点に各サブビーム（20B）を集束させるように構成されている請求項12のシステム。

【請求項14】

このシステムで発生される前記小ビームの数が、投影レンズ系の数よりも多い請求項1ないし13のいずれか1のシステム。

【発明の詳細な説明】

10

【技術分野】

【0001】

本発明は、荷電粒子の複数の小ビーム（beamlet）のリソグラフィシステム又は検査システムのような、荷電粒子マルチ小ビームシステムのための投影系、及びこのような投影系のためのエンドモジュール（end module）に関する。

【背景技術】

【0002】

一般に、多くの商業用のリソグラフィシステムは、レジストのコーティングがなされたウェーハのようなターゲットを露光するために、パターンデータを記憶し複写する手段として、マスクを使用する。また、マスクレスリソグラフィシステムでは、荷電粒子の複数の小ビームは、ターゲット上にパターンデータを描画するために使用される。これら小ビームは、必要なパターンを発生させるために、例えば、これら小ビームのオンとオフとをそれぞれ切り換えることによって、それぞれ制御される。商業上満足できるスループットで動作するように設計された高解像度リソグラフィシステムに関して、このようなシステムのサイズ、複雑さ及びコストは、障害になる。

20

【0003】

荷電粒子マルチ小ビームシステムに使用される1つのタイプのデザインは、例えば、米国特許第5,905,267号に開示されており、そのようなデザインでは、電子ビームは、拡大され、コリメートされ、アパーチャアレイによって複数の小ビームへと分割される。そして、得られたイメージは、縮小電子光学系によって縮小され、ウェーハ上に投影される。縮小電子光学系は、全ての小ビームを1つに集束し、縮小する（demagnify）ので、全ての小ビームが、描画され、サイズを縮小される。このデザインでは、全ての小ビームは、共通のクロスオーバーで交差し、このクロスオーバーは、小ビームの荷電粒子間の相互作用によりゆがみ及び解像度の低下を受ける。

30

【0004】

このような共通のクロスオーバーのないデザインも提案されてきており、そのようなデザインでは、複数の小ビームが、それぞれ、集束され、縮小される。しかし、このようなシステムが多く的小ビームを有するように構成されているとき、各小ビームを制御するために複数のレンズをそれぞれ与えることは、非実用的である。それぞれ制御される多くのレンズの構成は、システムに複雑さを加える。また、レンズ間のピッチは、各レンズに必要な構成要素のための余地を与えたり、それぞれの制御信号への各レンズへのアクセスを与えたりするのに十分でなければならない。このようなシステムの光学カラムの比較的高い高さは、維持される真空の体積の増加や、例えば、小ビームの流れ（drift）によって引き起こされるアライメントエラーの影響を増加させる、小ビームの長い経路のような、いくつかの欠点をもたらす。

40

【0005】

ターゲットの露光のための荷電粒子マルチビーム露光装置が、米国特許出願公開2001/0004185に開示されている。照射系は、電子ビームを発生させて、この電子ビームで、アパーチャアレイ、ブランカアレイ及びストッパアレイを有する要素電子光学系のアレイを照射する実質的なテレセントリック（telecentric）ビームを発生させるよう

50

に設けられている。電子は、前記要素電子光学系によって、個々の経路に沿って伝搬する。投影光学系は、ターゲット上に、かくして生じた複数の小ビームを投影する。これら照射系及び投影光学系は、複数の電子小ビームに共通の複数のレンズ素子、いわゆるマクロ光学素子を有する粒子光学レンズを使用する。

【0006】

この最先端技術による装置は、代表的には、1組のテレセントリックビーム又は小ビーム内に、小ビームに共通の2つのクロスオーバを発生させる1連の2つのいわゆる対称磁気ダブレットを有する。原理上、上に記載されたタイプの複数のカラムは、容量を増加させるために併用されることができ、このタイプのシステムに関するレンズ系のサイズは、この解決策を非実用的なものにする。

10

【0007】

荷電粒子システムのこれらの初期のデザインから知られているようなマクロ光学素子の使用は、複数の小ビームが荷電粒子のカラムの至るところにまっすぐに進行することを可能とせず、これら小ビームの均一な制御をより困難にする。従って、非常に多くの粒子小ビームを使用するシステムに関して、このようなデザインは、重ね合わせ及びステッチのような動作の極めて高精度な要求の観点において、次善であると考えられる。また、多くの小ビームのそれぞれの調節のための要素を設ければ、さらにかなり複雑になると考えられる。

【0008】

さらに小さなノードに対する要求を満たすために(次のノードが、ファクタ1.4又は $\sqrt{2}$ の小さな寸法として定義される)、荷電粒子システムにおける1.4のファクタだけスポットサイズを縮小させ、システムの合計電流を2倍にすることが要求される。1.4のファクタだけスポットサイズを縮小させたとき、荷電粒子小ビームのより小さな点広がり関数(PSF)は、露光寛容度(latitude)を維持することが要求される。ビーム当たりの電流が、系の定数C、源の明るさ及びPSFの4乗によって定義されるとすれば、小ビーム当たりの電流は、より小さなPSFにより4つのファクタだけ落ちる。多くの場合、ウェーハであるターゲット上の合計電流は、ショットノイズを制限するように2倍にするべきであり、この結果、平方限界直径当たりの電子の数は、同じままであるが、レジスト感度は、2倍になる、例えば、1cm<sup>2</sup>当たり30µmから60µmになるべきである。概して、スループットを維持するために、荷電粒子リソグラフィの次の技術のノードを実現するために要求されるさらなる電流の量は、系の定数C、システムのビームの数及び源の明るさを組み合わせた効果で8倍の増加を要求する。系の定数及び源の明るさは、制限された範囲内でのみ変化されることができ、システムの小ビームの数は、かなり増加され得る。ターゲットとしてのウェーハの実際に実行される処理では、少なくとも、例えば、毎時10のウェーハのスループットを達成するように、必要な小ビームの数は、数万ないし数十万のオーダーである。

20

30

【0009】

莫大な多重度の小ビーム(平方面当たりの小ビーム)に対するこのような要求に対処し、さらにまた、先行技術でのような共通のクロスオーバで直面するような収差に対処する際に直面する困難に対処する1つのシステムが、本出願人の名前で、米国特許第6,958,804号から知られている。この特許で規定されたりソグラフィシステムは、複数の投影部品を含む荷電粒子システムのほぼ全体にわたって、静電素子のような、整列された複数の荷電粒子光学素子を設けることによって、個々の経路上に維持された、すなわち共通のクロスオーバのない小ビームの莫大な多重度を含むことを可能にする。システムの荷電粒子のカラムの配置のこの原理の違いは、システムの全ての小ビームの適切な制御を与え、先行技術で必要とされるような、マクロ偏向器のようなマクロ構成要素の横断領域全体にわたって、場の強度の差に応じて、特定の適応を要求しない。さらに、整列された素子のアプリケーションは、高周波スイッチングのアプリケーションを少なくともより容易に可能にし、これは、マクロ偏向器のようなマクロ構成素子で不可能でなければ、困難である。しかし、この技術でさえも、平方面当たりの投影レンズ系の数に関する制限の問題

40

50

に直面し、究極的な小型化、及び平方面当たりのレンズ系の近分配では、実際の問題は、荷電粒子のカラムの続く投影レンズ素子の電場のフラッシュオーバーに直面する。

【 0 0 1 0 】

既存の荷電粒子ビーム技術は、比較的、コースの画像のパターニングのためのリソグラフィシステムに適しており、例えば、90 nm以上の限界寸法を達成するために、成長の要求が改良された形成に対して存在する。これは、かなり小さな限界寸法、例えば、22 nmを達成しながら、十分なウェーハスループット、例えば、毎時10～60のウェーハを維持することが望まれる。

【 発明の概要 】

【 0 0 1 1 】

10

本発明は、例えば、22 nmであるより小さな限界寸法を達成し、さらに、例えば、毎時10ないし60のウェーハである十分なウェーハのスループットを維持することができる複合的な小ビーム荷電粒子リソグラフィシステムを提供することを目的とする。本発明の基礎となる洞察は、この高解像度が、スポットサイズをかなり縮小することによってマルチ小ビーム荷電粒子システムで得られることができ、同時に、システムに発生される電流をかなり増加させるということである。

【 0 0 1 2 】

所望の性能を達成するために必要な縮小されたスポットサイズのみならず、小ビームの縮小された点広がり関数が、十分な露光寛容度を維持するために要求される。十分な露光寛容度は、近隣の小ビームの周辺のガウス形の部分によって通常引き起こされるような露光の基礎又は背景のレベルと比較して、小ビームからのターゲット上にピーク露光レベルの比較的高い比率を要求する。しかし、より小さな点広がり関数を有する小ビームを発生させるシステムをデザインすることは、各小ビームによってターゲットに適用されることができる荷電粒子の流れをかなり減少させる。

20

【 0 0 1 3 】

縮小されたスポットサイズ、増加された電流及び縮小された点広がり関数の要求は、システムの小ビームの数のかなりの増加を意味している。これは、マルチ小ビームシステムでの、投影光学の制限された物理的な寸法により問題を引き起こす。これは、代表的には、露光されるダイのサイズに対応するサイズに制限されている。既知の技術を使用してこのような寸法内に構成されることができる投影レンズの数は、上の要求を与えられた所望のウェーハのスループットを達成するのに必要な小ビームの数よりもかなり少ない。

30

【 0 0 1 4 】

本発明は、グループの複数の小ビームを単一の投影レンズに向かって導くために、グループ偏向器アレイ、コンデンサレンズアレイ又はアパーチャアレイのようなさまざまな形態を取ることができるシステムにアレイマニピレータを設けることによって、この問題を解決する。この手段(measure)は、アレイマニピレータで行われるような、極端な程度まで小型化されたレンズを設計し製造する必要なく、このシステムの小ビームの数のかなりの増加を可能にする。従って、本発明は、サイズ、ピッチ、垂直方向の近接及び電場の強度のレベルにより、電気フラッシュの危険及び動作中のレンズ系の必然の破壊が既に重要な問題を提起する投影カラム内の領域のさらなる小型化を回避することを教示する。対照的に、小ビームマニピレータの領域の小型化は、投影レンズ系で直面するような大きさの電場の強度がないことにより、このような動作上の結果も、例えば、これらの構成要素の多かれ少なかれ標準的なMEMS製造技術の使用への結果としての、克服することができない製造に関する問題も、引き起こさない。本発明の基礎となる第2の洞察は、収束の方向から始まる小ビームの投影が、効果的には、垂直な小ビームの偏向と同じであるということである。これは、本発明による手段が先行技術から知られた既存の最後の投影レンズ系の原理の再設計を引き起こしもしもせず必要ともしないことを示唆している。本発明の基礎となる第3の洞察は、複数の小ビームのグループのみを収束させることが、全システムの全ての、すなわち中の荷電粒子の流れの全ての小ビームの共通のクロスオーバーの存在を回避するということである。従って、収束点で収差によって引き起こされる好まし

40

50

くない影響は、制限され制御された影響である。本発明の基礎となる第4の洞察は、単一の投影レンズを通過する複数の小ビームのグループ内の小ビームをブランキングする能力は、ターゲット上に投影された「パターン化された小ビーム」に帰着するということである。

【0015】

本発明は、複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムを提供する。このシステムは、荷電粒子ビームを発生させるための少なくとも1つの荷電粒子源と、発生された前記ビームから個々の小ビーム又は複数のサブビームを規定するアパーチャアレイと、各グループの共通の収束点に向かって前記小ビームの複数のグループを収束させるための小ビームマニピレータと、前記小ビームの前記複数のグループ中の小ビームを制御可能にブランキングするための小ビームブランカと、前記ターゲットの表面上に複数の小ビームを投影するための複数の投影レンズ系のアレイと、を具備し、前記小ビームマニピレータは、前記複数の投影レンズ系の1つに対応する点に向かって、前記複数の小ビームの各グループを収束させるように構成されている。

【0016】

前記小ビームマニピレータは、グループ偏向器アレイを有することができ、前記グループ偏向器アレイは、好ましくは、非均一な偏向動作を果す個々の偏向器要素のグループ状の(group-wise)構成体を有する。各グループのブランキングされていない小ビームは、好ましくは、単一の収束点に偏向され、また、これら小ビームの各グループは、異なる収束点に向かって導かれる。前記グループ偏向器アレイは、小ビームブランカと一体化されることができ、一体化された前記グループ偏向器/小ビームブランカは、各グループのブランキングされていない小ビームを共通点に収束させ、かつ、ブランキングされた小ビームを前記共通点に収束させないように構成されている。前記グループ偏向器アレイは、中に形成された複数のアパーチャを有するプレートと、各アパーチャと関連している複数の電極と、を有することができ、前記電極は、前記アパーチャを通過する小ビームを偏向させるように、電気信号を受信する。

【0017】

また、このシステムは、前記複数の小ビームを成形するための成形アパーチャアレイを有することができる。前記アパーチャアレイは、複数のサブビームを規定するように構成されており、また、前記成形アパーチャアレイは、前記複数のサブビーム(サブ小ビーム)から複数の小ビームを発生させるように構成されており、前記アパーチャアレイと前記成形アパーチャアレイとは、単一のユニットに一体化されている。前記グループ偏向器アレイ及び成形アパーチャアレイもまた、単一のユニットに組み込まれることができる。

【0018】

前記小ビームマニピレータは、代わって、コンデンサレンズアレイと、成形アパーチャアレイと、を有することができる。前記コンデンサレンズアレイは、好ましくは、投影レンズ系に対応する点に各サブビームを集束させるように構成されている。前記成形アパーチャアレイは、好ましくは、集束された各サブビームから複数の小ビームを発生させるための複数のアパーチャを有し、前記複数の小ビームのブランキングされていない小ビームは、投影レンズ系に対応する点に収束する。前記アパーチャアレイは、好ましくは、複数のサブビームを規定するように構成されており、前記成形アパーチャアレイは、複数の小ビームを発生させるように構成されており、前記アパーチャアレイと前記成形アパーチャアレイとは、好ましくは、単一のユニットに一体化されている。

【0019】

前記小ビームマニピレータは、さらに、第1及び第2のコンデンサレンズアレイと、成形アパーチャアレイと、を有することができる。前記第1のコンデンサレンズアレイは、好ましくは、前記第2のコンデンサレンズアレイの前の共通面に前記複数のサブビームを集束させるように構成されており、前記第2のコンデンサレンズアレイは、前記複数の投影レンズ系の1つの対応する点に各サブビームを集束させるように構成されている。前記成形アパーチャアレイは、好ましくは、前記第2のコンデンサレンズアレイによって集

束された各サブビームから複数の小ビームを発生させるための複数のアパーチャを有し、前記複数の小ビームのブランキングされていない小ビームは、前記複数の投影レンズ系の1つの対応する点に収束する。

【0020】

このシステムで発生される小ビームの数は、好ましくは、投影レンズ系の数よりも多い。また、このシステムは、少なくとも10,000の投影レンズ系を有することができる。このシステムで発生される前記小ビームの数は、好ましくは、投影レンズ系の数の少なくとも3倍であり、投影レンズ系の数の10ないし200倍であることができる。

【0021】

本発明の他の態様によれば、複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムが提供される。このシステムは、荷電粒子ビームを発生させるための少なくとも1つの荷電粒子源と、発生された前記ビームから複数のサブビームを発生させるための第1のアパーチャアレイと、前記複数のサブビームを集束させるためのコンデンサレンズアレイと、各集束されたサブビームから複数の小ビームを発生させるための第2のアパーチャアレイと、複数の小ビームのグループの小ビームを制御可能にブランキングするための小ビームブランカと、前記ターゲットの表面上に複数の小ビームを投影するための投影レンズ系のアレイと、を具備し、前記コンデンサレンズアレイは、前記投影レンズ系の1つに対応する点に各サブビームを集束させるように構成されている。

【0022】

また、本発明の他の態様によれば、複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムが提供される。このシステムは、荷電粒子ビームを発生させるための少なくとも1つの荷電粒子源と、発生された前記ビームから複数のサブビームを発生させるための第1のアパーチャアレイと、集束された各サブビームから複数の小ビームを発生させるための第2のアパーチャアレイと、前記複数の小ビームを集束させるためのコンデンサレンズアレイと、前記ターゲットの表面上に複数の小ビームを投影するための投影レンズ系のアレイと、を具備し、前記コンデンサレンズアレイは、前記投影レンズ系の1つに対応する点に、各サブビームから形成された前記複数の小ビームを集束させるように構成されている。

【0023】

前記第1及び第2のアパーチャアレイは、単一のユニットに組み込まれることができる。前記第1のアパーチャアレイは、好ましくは、比較的大きな複数のアパーチャを有し、前記第2のアパーチャアレイは、好ましくは、前記第1のアパーチャアレイの各大きなアパーチャに対応する比較的小さな複数のアパーチャのグループを有し、前記大きな複数のアパーチャの壁は、前記第2のアパーチャアレイの面から上向きに延びている。前記大きな複数のアパーチャの壁は、好ましくは、前記第2のアパーチャアレイの前記小さな複数のアパーチャのグループを収容している領域を囲んでいる。また、前記大きな複数のアパーチャの前記壁は、好ましくは、第2のアパーチャアレイの厚さと比較してかなり上向きに延びている。前記第2のアパーチャアレイもまた、前記小ビームブランカと組み合わせられることができる。

【0024】

さらに、本発明の他の態様によれば、複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムが提供される。このシステムは、荷電粒子ビームを発生させるための少なくとも1つの荷電粒子源と、発生された前記ビームから個々の小ビームを発生させるためのアパーチャアレイと、複数の小ビームを制御可能にブランキングするための小ビームブランカと、前記ターゲットの表面上に複数の小ビームを投影するための投影レンズ系のアレイと、を具備し、前記小ビームブランカは、グループ状に配置された偏向器のサブアレイを有する。

【0025】

前記小ビームブランカは、好ましくは、中に形成された複数のアパーチャを有するプレートを有し、前記小ビームブランカの各偏向器は、前記アパーチャを通過する小ビームを

10

20

30

40

50

偏向するために、アパーチャと関連しているスイッチング電極を有する。グループの偏向器のスイッチング電極は、好ましくは、単一ラインの向きに配置された電気制御線に接続されており、グループの2つの部分の各々の制御線は、好ましくは、対向方向に導かれる。各偏向器には、好ましくは、偏向器のスイッチング電極を制御するための記憶セルが設けられており、各記憶セルは、好ましくは、2つの制御線に電氣的に接続されており、各制御線は、グループの記憶セルの列か行に共通に接続されている。

【0026】

小ビームをブランキングするために小ビームが偏向される方向は、好ましくは、異なるグループの小ビームに対して、異なる。ブランキングの方向は、好ましくは、ブランキングされた小ビームの質量中心が、ビーム停止アレイの位置で、前記位置でのブランキングされていない小ビームの位置とほぼ同じであるように選択される。ブランキングされた小ビームの偏向の方向も、ダイナミックに変更されることができ、この結果、ブランキングされた小ビームの質量中心は、ビーム停止アレイの位置で、前記位置でのブランキングされていない小ビームの位置とほぼ同じである。

【0027】

さらに、本発明の他の態様によれば、複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムが提供される。このシステムは、前記複数の小ビームを形成するために、中に形成された複数の孔のアレイを有する少なくとも1つのプレートと、少なくとも1つのプレートと、少なくとも1つの投影レンズのアレイと、を有する投影レンズ構成体と、を具備し、各プレートは、中に形成された複数のアパーチャのアレイを有し、前記複数のアパーチャの位置に形成された前記投影レンズを備え、少なくとも1つの前記投影レンズのアレイは、投影レンズ系のアレイを形成しており、各投影レンズ系は、前記少なくとも1つの投影レンズのアレイの対応する点に形成された少なくとも1つの投影レンズを有し、投影レンズ系の数は、各投影レンズ系が、前記ターゲット上に複数の小ビームを投影するように、小ビームの数よりも少ない。

【0028】

本発明のさまざまな態様が、図面に示される実施の形態を参照して以下に説明される。

【図面の簡単な説明】

【0029】

【図1】図1は、荷電粒子のマルチ小ビームリソグラフィシステムの一例の簡略化した概略図である。

【図2】図2は、図1のリソグラフィシステムのエンドモジュールの、側面からの簡略化した概略図である。

【図3】図3は、グループ偏向アレイを有するリソグラフィシステムの簡略化した概略図である。

【図4】図4は、成形アパーチャアレイをさらに有する図3のシステムの簡略化した概略図である。

【図5】図5は、2つのコンデンサアレイと成形アパーチャアレイとを有する代替の実施の形態である。

【図6】図6は、単一のコンデンサアレイと成形アパーチャアレイとを有する他の実施の形態である。

【図7】図7は、グループ偏向アレイを有する簡略化した実施の形態である。

【図8】図8は、投影レンズ当たりの単一の小ビームの図4の実施の形態の代替の実施の形態である。

【図9】図9は、投影レンズ当たりの単一の小ビームの図4の実施の形態の代替の実施の形態である。

【図10】図10は、投影レンズ当たりの単一の小ビームの図4の実施の形態の代替の実施の形態である。

【図11A】図11Aは、投影レンズ当たりの複合的な複数の小ビームの概念を示す概略図である。

10

20

30

40

50



【図 1 1 B】図 1 1 B は、投影レンズ当たりの複合的な複数の小ビームの概念を示す概略図である。

【図 1 2】図 1 2 は、本発明の第 2 の簡略化した実施の形態を示す図である。

【図 1 2 A】図 1 2 A は、本発明の第 2 の実施の形態の簡略化した図である。

【図 1 2 B】図 1 2 B は、本発明の第 2 の実施の形態の簡略化した図である。

【図 1 3 A】図 1 3 A は、投影レンズ構成体当たりの複合的な複数の小ビームの効果を示す図である。

【図 1 3 B】図 1 3 B は、投影レンズ構成体当たりの複合的な複数の小ビームの効果を示す図である。

【図 1 4】図 1 4 は、修正されない、又は比較的簡単な源及び投影レンズ系の使用を可能にするさらなる実施の形態である。

【図 1 5】図 1 5 は、修正されない、又は比較的簡単な源及び投影レンズ系の使用を可能にするさらなる実施の形態である。

【図 1 6】図 1 6 は、小ビームブランカアレイ 6 の可能な配置を示す概略図である。

【図 1 7】図 1 7 は、小ビームブランカアレイ 6 と組み合わせたアパーチャアレイを示している。

【図 1 8 A】図 1 8 A は、グループ偏向器アレイ又はビームブランカアレイの偏向器の実施の形態の概略図である。

【図 1 8 B】図 1 8 B は、グループ偏向器アレイ又はビームブランカアレイの偏向器の実施の形態の概略図である。

【図 1 9 A】図 1 9 A は、グループ偏向器アレイ又はビームブランカアレイに対する偏向器の代わりの実施の形態の概略図である。

【図 1 9 B】図 1 9 B は、グループ偏向器アレイ又はビームブランカアレイに対する偏向器の代わりの実施の形態の概略図である。

【発明を実施するための形態】

【0030】

以下は、単なる例によって、図面を参照して与えられる、本発明の実施の形態の説明である。

【0031】

図 1 は、全ての電子小ビーム (beamlet) の共通のクロスオーバーのない電子ビーム光学系に基づいた荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステムの一実施の形態の簡略化した概略図である。このようなリソグラフィシステムは、例えば、米国特許第 6,897,458 号、第 6,958,804 号、第 7,084,414 号並びに第 7,129,502 号に記載されており、本発明の権利者に譲渡されたこれら全体の内容は、参照としてここに組み込まれる。図 1 に示される実施の形態では、リソグラフィシステムは、均質で、拡大する電子ビーム 20 を発生させるための電子源 1 を有する。ビームのエネルギーは、好ましくは、約 1 ないし 10 keV の範囲で比較的 low に維持される。これを達成するために、加速電圧は、好ましくは、低く、また、電子源は、好ましくは、接地電位でターゲットに対して約 -1 ないし -10 kV に維持されるが、他の設定が使用されてもよい。

【0032】

電子源 1 からの電子ビーム 20 は、二重のオクトポール (octopole) 2 を、続いて、電子ビーム 20 をコリメートするためのコリメータレンズ 3 を通過する。続いて、電子ビーム 20 は、アパーチャアレイ 4 に衝突し、これは、ビームの一部をブロックし、複数の小ビーム 21 がアパーチャアレイ 4 を通過することを可能にする。アパーチャアレイは、好ましくは、貫通孔を含むプレートを含む。従って、複数の平行な電子小ビーム 21 が発生される。このシステムは、非常に多くの小ビーム 21 を、好ましくは約 10,000 ないし 1,000,000 の小ビームを発生させるが、もちろん、これよりも多い又は少ない小ビームを使用することも可能である。コリメートされた小ビームを発生させるために他の既知の方法が使用されてもよいことに言及する。

【0033】

複数の電子小ビーム 2 1 は、小ビームブランカアレイ 6 の面でこれら電子小ビーム 2 1 の各々を集束するコンデンサレンズアレイ 5 を通過する。この小ビームブランカアレイ 6 は、好ましくは、これら電子小ビーム 2 1 の少なくとも 1 つをそれぞれ偏向することが可能な複数のブランカを有する。コンデンサレンズアレイ 5 及び小ビームブランカアレイ 6 は、以下に詳述される。

#### 【 0 0 3 4 】

続いて、電子小ビーム 2 1 は、エンドモジュール 7 に入る。エンドモジュール 7 は、好ましくは、さまざまな構成要素を有する挿入可能で交換可能なユニットとして構成される。この実施の形態では、エンドモジュールは、ビーム停止アレイ 8 と、ビーム偏向器アレイ 9 と、投影レンズ構成体 1 0 と、を有するが、エンドモジュールにこれらの全てが含まれる必要はなく、また、これらが異なるように配置されてもよい。エンドモジュール 7 は、他の機能に加えて、約 2 5 ないし 5 0 0 倍の、好ましくは、5 0 ないし 2 0 0 倍の縮小 (demagnification) を与える。わずかに小さな縮小が、パターン化された (patterned) 小ビームを発生させるシステムに必要とされる。エンドモジュール 7 は、好ましくは、以下で説明されるように、小ビームを偏向する。エンドモジュール 7 を出た後、小ビーム 2 1 は、ターゲット面に位置されたターゲット 1 1 の表面に衝突する。リソグラフィのアプリケーションに関して、ターゲットは、通常、荷電粒子感知層、すなわちレジスト層が設けられたウェーハを有する。

#### 【 0 0 3 5 】

エンドモジュール 7 では、電子小ビーム 2 1 は、まず、ビーム停止アレイ 8 を通過する。このビーム停止アレイ 8 は、主に、小ビームの開放角度 (opening angle) を決定する。この実施の形態では、ビーム停止アレイは、小ビームが通過することを可能にするためのアパーチャのアレイを有する。ビーム停止アレイは、基本形態において、代表的には円形の貫通孔が設けられた基板を有するが、他の形状が使用されてもよい。一実施の形態では、ビーム停止アレイ 8 の基板は、規則的に離間された貫通孔のアレイを備えたシリコンウェーハで形成されており、表面の帯電を防ぐように、金属の表面層で覆われることができる。一実施の形態では、金属は、CrMo のような、自然酸化物の被膜層を形成しないタイプである。

#### 【 0 0 3 6 】

一実施の形態では、ビーム停止アレイ 8 の経路は、小ビームブランカアレイ 6 の要素と位置合わせ (アライメント) されている。小ビームブランカアレイ 6 とビーム停止アレイ 8 とは、小ビーム 2 1 をブロックするか通過させるように、一緒に協働する。小ビームブランカアレイ 6 が小ビームを偏向すれば、小ビームは、ビーム停止アレイ 8 の対応するアパーチャを通過せず、代わりに、ビーム停止アレイ 8 の基板によってブロックされる。しかし、小ビームブランカアレイ 6 が小ビームを偏向しなければ、ビーム停止アレイ 8 の対応するアパーチャを通過し、そして、ターゲット 1 1 の表面上にスポットとして投影される。このようにして、個々の小ビームが、効果的にオンとオフとを切り替えられることができる。

#### 【 0 0 3 7 】

次に、小ビームは、偏向していない小ビーム 2 1 の方向にほぼ垂直な X 方向と Y 方向との少なくとも一方に各小ビーム 2 1 の偏向を与えるビーム偏向器アレイ 9 を通過する。次に、小ビーム 2 1 は、投影レンズ構成体 1 0 を通過して、代表的にはウェーハであるターゲット面の、ターゲット 1 1 上に投影される。

#### 【 0 0 3 8 】

ターゲット上に投影されたスポット内と投影されたスポットの間との両方の電流及び電荷の一貫性及び均質性のために、また、ビーム停止プレート 8 が小ビームの開放角度を主に決定するので、小ビームがビーム停止アレイに達したとき、ビーム停止アレイ 8 のアパーチャの直径は、好ましくは、小ビームの直径よりも小さい。一実施の形態では、ビーム停止アレイ 8 のアパーチャは、5 ないし 2 0  $\mu\text{m}$  の範囲の直径を有し、また、説明された実施の形態でのビーム停止アレイ 8 に衝突する小ビーム 2 1 の直径は、代表的には、約 1

10

20

30

40

50

5 ないし 75  $\mu\text{m}$  の範囲にある。

【0039】

この例のビーム停止プレート 8 のアパーチャの直径は、小ビームの横断面を制限する。例えば、前記約 15 ないし 75  $\mu\text{m}$  の範囲内の直径を、上述の 5 ないし 20  $\mu\text{m}$  の内の範囲、好ましくは 5 ないし 10  $\mu\text{m}$  の範囲内にする。このようにして、小ビームの中央部分のみが、ターゲット 11 上への投影のために、ビーム停止プレート 8 を通過することが可能となる。小ビームのこの中央部分は、比較的均一な電荷密度を有する。ビーム停止アレイ 8 による小ビームの周囲部分のこのようなカットオフもまた、大部分は、ターゲット 11 の電流量と同様に、システムのエンドモジュール 7 に対する小ビームの開放角度を決定する。一実施の形態では、ビーム停止アレイ 8 のアパーチャは、円形であり、ほぼ均一な開放角度を備えた小ビームをもたらす。

10

【0040】

図 2 は、より詳細なエンドモジュール 7 の一実施の形態を示しており、ビーム停止アレイ 8 と、偏向器アレイ 9 と、ターゲット 11 上に電子小ビームを投影する投影レンズ構成体 10 と、を示している。小ビーム 21 は、ターゲット 11 上に投影され、好ましくは、直径約 10 ないし 30 ナノメートルの、より好ましくは約 20 ナノメートルの幾何学的なスポットサイズをもたらす。このようなデザインの投影レンズ構成体 10 は、好ましくは、約 100 ないし 500 倍の縮小を与える。この実施の形態において、図 2 に示されるように、小ビーム 21 の中央部分は、まず、ビーム停止アレイ 8 を通過する（小ビームは、小ビームブランカアレイ 6 によって偏向されていないと仮定している）。そして、小ビームは、ビーム偏向器アレイ 9 の偏向系を形成するように連続して配置された 1 つの偏向器、又は複数の偏向器を通過する。続いて、小ビーム 21 は、投影レンズ構成体 10 の電気光学系を通過して、最終的に、ターゲット面でターゲット 11 に衝突する。

20

【0041】

投影レンズ構成体 10 は、図 2 に示される実施の形態において、静電レンズのアレイを形成するために使用される、連続して配置された 3 つのプレート 12、13、14 を有する。これらプレート 12、13、14 は、好ましくは、これらの中に形成された複数のアパーチャを含むプレート、又は基板を有する。これらアパーチャは、好ましくは、基板を貫通している円形の孔として形成されているが、他の形状が使用されてもよい。一実施の形態では、基板は、半導体チップ産業において周知の処理工程を使用して処理されたシリコン又は他の半導体でできている。これらアパーチャは、通常、例えば、半導体製造業において既知のリソグラフィ及びエッチング技術を使用して基板に形成されることができる。使用されるリソグラフィ及びエッチング技術は、好ましくは、アパーチャの位置、サイズ及び形状の均一性を確実にするために、十分に正確に制御される。この均一性は、各小ビームの焦点と経路とをそれぞれ制御する必要性をなくす。

30

【0042】

これらアパーチャの位置決めの一均一性、すなわち、アパーチャ間の均一な距離（ピッチ）及び基板の表面上のアパーチャの均一な配置は、ターゲット上に均一なグリッドパターンを発生させる密集して詰められた小ビームを備えたシステムの構成を与える。一実施の形態において、アパーチャ間のピッチが 50 ないし 500 マイクロメートルの範囲にある場合、ピッチの偏差は、好ましくは、100 ナノメートル以下である。さらに、複数のプレートが使用される場合のシステムでは、各プレートの対応するアパーチャは、位置合わせされる。プレート間のアパーチャの位置合わせミス（misalignment）は、異なる軸に沿った焦点距離の差を引き起こし得る。

40

【0043】

アパーチャのサイズの一均一性は、アパーチャの位置のところに形成された静電投影レンズに一均性を与える。レンズのサイズの偏差は、集束に偏差をもたらし、この結果、いくつかの小ビームは、ターゲット面に集束し、他は、集束しない。一実施の形態では、50 ないし 150 マイクロメートルの範囲のアパーチャのサイズの場合、サイズの偏差は、好ましくは、100 ナノメートル以下である。

50

## 【 0 0 4 4 】

アパーチャの形状の均一性もまた、重要である。円形の孔が使用された場合、孔の丸さ (roundness) の均一性は、両軸で同じであるレンズの焦点距離をもたらす。

## 【 0 0 4 5 】

基板は、好ましくは、電極を形成するために導電性コーティングで覆われている。この導電性コーティングは、好ましくは、アパーチャのまわりのプレートの表面と、孔の内部のプレートの表面との両方を覆う各基板上に単一の電極を形成する。導電性の自然酸化物を含む金属は、好ましくは、例えば、半導体製造業において周知のプレートを使用して、プレート上に堆積された、モリブデンのような、電極に使用される。電圧は、各アパーチャの位置に形成された静電レンズの形状を制御するために、各電極に印加される。各電極は、完全なアレイのために単一の制御電圧によって制御される。従って、3つの電極で図示されたこの実施の形態では、数千のレンズに対して3つの電圧のみがある。

10

## 【 0 0 4 6 】

図2は、これらの電極にそれぞれ印加される電圧  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  を有するプレート12、13、14を示している。プレート12、13の電極の間、及びプレート13、14の間の電圧差は、プレートの各アパーチャの位置で静電レンズを形成する。これは、互いに位置合わせされた、投影レンズ系のアレイを形成するように、アパーチャのアレイの各位置で「垂直な」静電レンズを発生させる。各投影レンズ系は、各プレートのアパーチャのアレイの対応する点に形成された静電レンズを有する。投影レンズ系を形成する静電レンズの各々は、少なくとも1つの小ビームを集束し縮小する単一の効果的な投影レンズとみなされることができ、有効焦点距離と有効縮小とを有する。単一のプレートのみが使用される場合のシステムでは、単一の電圧が、接地面と共に使用されることができ、静電レンズは、プレートの各アパーチャの位置に形成される。

20

## 【 0 0 4 7 】

これらアパーチャの均一性の変化は、アパーチャの位置に形成される静電レンズの変化をもたらす。アパーチャの均一性は、均一な静電レンズをもたらす。従って、3つの制御電圧  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  は、多くの電子小ビーム21を集束し縮小する均一な静電レンズのアレイをもたらす。静電レンズの特性は、3つの制御電圧によって制御されるので、全ての小ビームの集束及び縮小量は、これらの3つの電圧の制御によって制御されることができる。このようにして、単一の共通制御信号は、非常に多くの電子小ビームを縮小し集束するための静電レンズの全体のアレイを制御するために使用されることができる。共通制御信号は、各プレートに、又は複数のプレート間の電圧差として与えられることができる。異なる投影レンズ構成体に使用されるプレートの数は、変わってもよいし、共通制御信号の数もまた、変わってもよい。アパーチャが十分に均一な配置及び寸法を有する場合、これは、少なくとも1つの共通制御信号を使用して、電子小ビームの集束及び小ビームの縮小を可能にする。図2の実施の形態では、3つの制御電圧  $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$  を含む3つの共通信号が、かくして、全ての小ビーム21を集束し、縮小するために使用される。

30

## 【 0 0 4 8 】

投影レンズ構成体は、好ましくは、ターゲット面上に小ビームを集束するための全ての集束手段を形成する。これは、それぞれの電子小ビームの焦点と経路との少なくとも一方の補正が必要でないように、小ビームの均一な集束及び縮小を十分に与える投影レンズの均一性によって可能となる。これは、システムの構成を単純化し、システムの制御及び調節を単純化し、システムのサイズを大幅に減少させることによって、システム全体のコスト及び複雑さをかなり減少させる。

40

## 【 0 0 4 9 】

一実施の形態では、投影レンズが形成された場合、アパーチャの配置及び寸法は、0.05%よりもよい焦点距離の均一性を達成するために、少なくとも1つの共通制御信号を使用して電子小ビームの集束を可能にするのに十分な許容範囲内に制御される。投影レンズ系は、所定の公称ピッチで離間されて配置され、各電子小ビームは、ターゲットの表面上にスポットを形成するように集束される。プレートのアパーチャの配置及び寸法は、好

50

ましくは、公称ピッチの0.2%未満のターゲットの表面上のスポットの空間分布の変化を達成するのに十分な許容範囲内に制御される。

【0050】

投影レンズ構成体10は、プレート12、13、14が互いに接近して位置しており、コンパクトであるので、(電子ビーム光学系で代表的に使用される電圧と比較して)電極に使用される比較的低い電圧にもかかわらず、非常に高い電場を発生させることができる。静電レンズに関して、焦点距離は、電極間の静電場の強さで割られたビームのエネルギーに比例するものとして評価されることができるので、これらの高い電場は、小さな焦点距離を有する静電投影レンズを発生させる。これに関して、予め10kV/mmを実現することができれば、本実施の形態は、好ましくは、第2のプレート13と第3のプレート14との間に25ないし50kV/mmの範囲内の電位差を印加する。これらの電圧V1、V2、V3は、好ましくは、第2のプレートと第3のプレート(13、14)との間の電圧差が第1のプレートと第2のプレート(12、13)との間の電圧差よりも大きいように設定される。これは、レンズアパーチャ中のプレート13、14の間の曲がった破線によって図2に示されるように、各投影レンズ系の有効レンズ面がプレート13、14の間に位置されるように、プレート13、14の間に形成された、より強いレンズをもたらす。これは、ターゲットに近い有効レンズ面を置き、投影レンズ系がより短い焦点距離を有することを可能にする。さらに、簡略化のために、図2の小ビームは、偏向器9からとして集束されて示されるが、例えば、トレースされた光線の照射でのような、小ビーム21の集束のより正確な描写は、レンズ系10の実際のレンズ面が、プレート13、14の間にあることを示すことが言及される。また、最も下部のプレート14とターゲット面11との間の距離d3は、短い焦点距離に対してこのデザインが非常に小さいことを可能にすることも言及されるべきである。

【0051】

電極の電圧V1、V2、V3は、好ましくは、電圧V2が、小ビーム21の荷電粒子の減速を引き起こす電圧V1よりも電子源1の電圧に近いように設定される。一実施の形態では、ターゲットは、0V(接地電位)であり、電子源は、ターゲットに対して約-5kVであり、電圧V1は、約-4kVであり、電圧V2は、約-4.3kVである。電圧V3は、ターゲットに対して約0Vであり、ターゲットのトポロジーが平らでないならば、小ビームに妨害を引き起こし得るプレート14とターゲットとの間の強い電場を回避する。プレート(及び投影系の他の構成要素)の間の距離は、好ましくは、小さい。この配置に関して、集束及び縮小投影レンズは、小ビームの抽出された荷電粒子の速度の減少と同様に実現される。約-5kVの電圧の電子源に関して、荷電粒子は、中央電極(プレート13)によって減速され、続いて、接地電位で所定の電圧を有する底部電極(プレート14)によって加速される。この減速は、電極の低い電場の使用を可能にする一方、なおも、投影レンズ構成体の所望の縮小及び集束を達成する。従来のシステムで使用されているような、制御電圧V1、V2を備えた2つのみの電極よりも、制御電圧V1、V2、V3を備えた3つの電極を有する利点は、小ビームの集束の制御が、小ビーム加速電圧の制御からある程度まで緩和される(decouple)ということである。この緩和は、投影レンズ系が、電圧V1を変化させることなく、電圧V2と電圧V3と間の電圧差を調節することによって調節されることができるので、起こる。従って、電圧V1と源電圧との間の電圧差は、カラムの上側部分の位置合わせの結果を縮小するように、加速電圧がほぼ一定のままであるように、大部分は不変である。

【0052】

図2は、さらに、左から右への小ビームの偏向として図2に示された、Y方向の偏向器アレイ9による小ビーム21の偏向を示している。図2の実施の形態では、偏向器アレイ9のアパーチャは、通過する少なくとも1つの小ビームに対して示されており、電極は、+V及び-Vの電圧が与えられる電極のアパーチャの対向面に設けられている。電極に電位差を与えることは、アパーチャを通過する単一又は複数の小ビームの偏向を引き起こす。電圧(又は電圧の符号)を動的(ダイナミック)に変更することによって、ここではY

10

20

30

40

50

方向に走査するようにして、（単数又は複数の）小ビームが進行される（sweep）。

【0053】

Y方向に対する偏向に関して述べられたのと同様に、X方向の偏向もまた、前方と後方との少なくとも一方に行われることができる（図2では、X方向は、紙面の内外に向かう方向である）。説明された実施の形態では、1つの偏向方向が、基板の表面全体にわたって小ビームを走査するために使用されることができ、また、基板は、走査モジュール又は走査ステージを使用して、他の方向に移動される。移動の方向は、好ましくは、Y方向を横切り、X方向と一致する方向である。

【0054】

説明されたように、互いに関連しているエンドモジュール7の偏向器及びレンズの配置は、粒子光学の技術において一般に予期されるものと異なる。代表的には、偏向器は、投影レンズの後に位置されるので、まず、集束が行われ、そして、集束された小ビームが偏向される。最初に小ビームを偏向し、そして、それを集束することは、図2並びに図3のシステムでのように、投影レンズの光軸に対して所定の角度で、軸に向かって投影レンズに入る小ビームをもたらす。後者の配置は、偏向された小ビームのかなりの軸外れ（off-axis）を生じ得ることは、当業者に明らかである。

【0055】

リソグラフィのための投影系のアプリケーションでは、小ビームは、数十ナノメートルのスポットサイズで、ナノメートルのサイズの精度で、及びナノメートルのオーダの位置精度で、極めて高い精度で集束され位置されるべきである。本発明者らは、例えば、小ビームの光軸から離れた数百ナノメートルの、集束された小ビームの偏向が、小ビームの光軸から離れるように（out-of-focus）容易にもたらすことを実現した。精度の要求を満たすために、これは、偏向量を厳しく制限するか、小ビームが、ターゲット11の表面のところで焦点を急速に外す。

【0056】

上述のように、リソグラフィシステムでの使用の観点で投影レンズ構成体の目的を達成するために、投影レンズ系の有効焦点距離は短く、また、投影レンズ系のレンズ面は、ターゲット面に非常に近接して位置される。かくして、投影レンズと、小ビーム偏向系のターゲット面との間に残っているスペースがほとんどない。本発明者らは、このような構成体で軸外収差（off-axis aberration）が明白に発生するにもかかわらず、焦点距離が、いかなる偏向器又は偏向系が投影レンズの前に位置されるべきであるこのような制限された大きさであるべきであることを認識した。

【0057】

上流側の偏向器アレイ9及び下流側の投影レンズ構成体10の図1並びに図2に示される配置は、さらに、各投影レンズ系が1つの小ビームのみ（又は少数の小ビーム）を集束する場合のシステムにおいて、特に、少なくとも約100倍の、好ましくは約350倍の小ビームのサイズの減少（縮小）を与えるために、小ビーム21の強い集束を与える。各投影レンズ系がグループの、好ましくは10ないし100の小ビームのグループを集束する場合のシステムでは、各投影レンズ系は、少なくとも約25倍の、好ましくは約50倍の縮小を与える。この高い縮小は、投影レンズ構成体10の前（上流側）のアパーチャ及びレンズの精度に関する要求が、かなり減少され、かくして、コストを削減したリソグラフィ装置の構成を可能にするという他の利点を有する。この構成体の他の利点は、系全体のカラムの長さ（高さ）がかなり減少されることができるということある。これに関して、制限された高さの投影コラムに達するように、好ましくは、ターゲットから電子源で1メートル未満の、より好ましくは約150ないし700mmの高さの、焦点距離が小さく縮小ファクタの大きい投影レンズが好ましい。短いカラムのこのデザインは、リソグラフィシステムを装着したり収容したりするのをより簡単にし、また、さらに、制限されたコラムの高さ及びより短い小ビームの経路により、個々の小ビームの流れの影響を低減する。より小さな流れは、小ビームの位置合わせの問題を低減し、より簡単でそれほど高価でないデザインが使用されることを可能にする。しかし、この配置は、エンドモジュールの

10

20

30

40

50

さまざまな構成要素にさらなる要求を課す。

【0058】

投影系の上流側に位置された偏向系に関して、偏向された小ビームは、もはやその光軸のところで投影系を通過しない。かくして、ターゲット面に集束された偏向されていない小ビームは、偏向されたとき、ターゲット面のところで集束しない(out-of-focus)。小ビームの偏向による焦点外れの影響を制限するために、一実施の形態のエンドモジュールでは、偏向器アレイ9は、投影レンズアレイ10にできるだけ近接して配置される。このようにして、偏向された小ビームは、これら小ビームが投影レンズアレイを通過したとき、なおも、これらの偏向していない光軸に比較的接近する。好ましくは、偏向器アレイは、投影レンズアレイ10から0ないし約5mmのところに位置されるか、好ましくは、投影レンズから絶縁して維持されながらできるだけ近接している。実際のデザインでは、配線を収容するために、0.5mmの距離が使用されることができる。

10

【0059】

上で説明されたような配置に関して、投影レンズ系10の主レンズ面は、好ましくは、2つのプレート13、14の間に位置されている。上で説明された実施の形態によるシステムでの荷電粒子の全体のエネルギーは、既に述べたように、比較的強く保たれる。電子ビームに関して、例えば、エネルギーは、好ましくは、約10keVまでの範囲にある。このようにして、ターゲットでの熱の発生は、低減される。しかし、荷電粒子のこのような低いエネルギーで、系の色収差は増加する。これは、この損傷効果を和らげる特定の手段を必要とする。これらのうちの1つは、投影レンズ構成体10で既に述べられた比較的高い静電場である。高い静電場は、短い焦点距離を有する静電レンズの形成をもたらす、この結果、レンズは低い色収差を有する。

20

【0060】

色収差は、焦点距離にほぼ比例する。色収差を低減し、かつターゲット面上に電子ビームの適切な投影を与えるために、光学系の焦点距離は、好ましくは、1ミリメートル以下に制限される。さらに、本発明によるレンズ系10の最後のプレート14は、レンズの内側にある焦点面のない小さな焦点距離を与えるように、非常に薄く形成される。プレート14の厚さは、好ましくは、約50ないし200 $\mu\text{m}$ の範囲内にある。

【0061】

上で述べられた理由のために、比較的強い縮小を得、できるだけ低い収差を維持するように、加速電圧を比較的強く維持することが望ましい。これらの矛盾する要求を満たすために、構成体は、互いに近接した投影レンズ系のレンズを有することが想像される。この新しい概念は、投影レンズの下側電極14が、偏向器が好ましくは投影レンズの前に位置されている影響に関して、好ましくは、ターゲット面にできるだけ近接していることを必要とする。エンドモジュール7の配置によって引き起こされる収差を緩和するための他の手段は、最小の相互距離で偏向器9と投影レンズ構成体10とを位置することである。

30

【0062】

上に示されたような、レンズアレイの相互距離は、かなり縮小化された特性である。これに関して、プレート12、13、14の間の相互距離は、プレート13の厚さと同じオーダーの大きさである。好ましい一実施の形態では、これらの相互距離は、約100ないし200 $\mu\text{m}$ の範囲にある。最後のプレート14からターゲット面への距離は、好ましくは、短い焦点距離を与えるように、プレート間の距離よりも小さい。しかし、最小距離は、ウェーハの機械的な動きの割り当てを与えるために、プレート14の下面とウェーハの表面との間に必要とされる。ここに示される実施の形態では、最後のプレート14からターゲット面11までの距離は、約50ないし100 $\mu\text{m}$ である。一実施の形態では、プレート13と14との間の距離は、約200 $\mu\text{m}$ であり、プレート14とターゲット面との間の距離は、約50 $\mu\text{m}$ である。これらの距離は、偏向された小ビームを通過させ、かつ、少なくとも1つの小ビームを集束させるように、電圧V1、V2、V3と、プレート12、13、14のアーチャのサイズとに関連している。

40

【0063】

50

図示されるようなエンドモジュール7のデザインでは、プレート12、13、14の好ましくは約5ないし20 $\mu\text{m}$ の直径を有するレンズのアパーチャの直径は、ビーム停止アレイ8の同軸に位置合わせされたアパーチャの直径よりも数倍大きい。この直径は、好ましくは、約50ないし150 $\mu\text{m}$ の範囲にある。一実施の形態では、この直径は、約100 $\mu\text{m}$ であり、ビーム停止アレイのアパーチャの直径は、約15 $\mu\text{m}$ である。

【0064】

さらに、本デザインでは、プレート13の中央基板は、好ましくは、約50ないし500 $\mu\text{m}$ の範囲の、最も厚い厚さを有する。プレート12の基板の厚さは、好ましくは、約50ないし300 $\mu\text{m}$ であり、また、プレート14の基板の厚さは、相対的に最も小さく、好ましくは、50ないし200 $\mu\text{m}$ である。一実施の形態では、プレート13の基板の厚さは、約200 $\mu\text{m}$ であり、また、プレート12の基板の厚さは、約150 $\mu\text{m}$ であり、プレート14の基板の厚さは、約150 $\mu\text{m}$ である。

【0065】

特定のスループット（すなわち、毎時露光されたウェーハの特定の数）を達成するのに必要な小ビームの全電流は、必要なドーズ、ウェーハの領域並びにオーバーヘッド時間（例えば、露光のために新しいウェーハを所定の位置に移動させるための時間）に依存する。ショットノイズを制限するシステムにおいて必要なドーズは、他のファクタの中でも、必要なフィーチャサイズ及び均一性、及びビームのエネルギーに依存する。

【0066】

電子ビームリソグラフィを使用してレジストに所定のフィーチャサイズ（限界寸法、すなわちCD）を得るために、所定の解像度が必要とされる。この解像度は、ビームのサイズと、レジストへの電子の散乱と、酸の拡散と組み合わせた二次電子の平均自由行程と、の3つの寄与によって決定される。これらの3つの寄与は、全体のスポットサイズを決定するために、二次の関係で加算される。もちろん、これらの3つの寄与のうち、ビームのサイズ及び散乱は、加速電圧に依存する。レジストのフィーチャを解決するために、全体のスポットサイズは、所望のフィーチャサイズ（CD）と同じオーダーの大きさであるべきである。CDだけでなくCDの均一性も、実際のアプリケーションにとって重要であり、後者の要求は、実際の必要なスポットサイズを決定する。

【0067】

電子ビーム系に関して、最大の単一のビーム電流は、スポットサイズによって決定される。小さなスポットサイズに関して、電流もまた、非常に小さい。よいCDの均一性を得るために、必要なスポットサイズは、高スループットを得るのに必要な電流よりもはるかに少なく単一のビーム電流を制限する。従って、多くの小ビームが必要とされる（代表的には、毎時10のウェーハのスループットのために10,000以上）。電子ビーム系に関して、1つのレンズを通る全電流は、電子間のクーロン相互作用によって制限され、この結果、制限されたビームの数は、1つのレンズと1つのクロスオーバー点との少なくとも一方を通して送られることができる。従って、これは、高スループットのシステムでのレンズの数がさらに多い必要があることを意味している。

【0068】

好ましい実施の形態では、多くの低いエネルギーの小ビームの非常に密集した配置が達成され、この結果、複数の小ビームが、代表的なウェーハ露光フィールドのサイズに匹敵するサイズで所定の領域に詰められることができる。

【0069】

プレート12、13、14の複数のアパーチャのピッチは、小さな領域にできるだけ多くの静電レンズを形成するように、できるだけ小さいことが好ましい。これは、高密度な小ビームを与える。高密度の配置で互いに近接して離間された多くの小ビームもまた、ターゲット面にわたって走査されなければならない小ビームの距離を減少させる。しかし、アパーチャの所定のボアサイズのピッチの減少は、製造によって、また、アパーチャ間の小さな距離によりプレートが脆弱になりすぎるときに引き起こされる構造上の問題、及び近接レンズのフリンジの場によって引き起こされ得る収差によって、制限される。



## 【0070】

マルチ小ビーム荷電粒子システムは、スポットサイズをかなり縮小し、また、同時に、システムに発生される電流をかなり増加させるように意図されている。このようにする際に、システムの電流を増加させることによって、ターゲット上の全電流もまた、ショットノイズの発達を制限するように増加されることもまた理解される。しかし、同時に、平方限界寸法当たり（すなわち、 $CD$ の2乗の面積の単位当たり）のターゲット面に衝突する電子の数は、一定に維持されるべきである。これらの要求は、以下に詳述されるように、荷電粒子システムのデザインに修正を必要とする。また、最適な性能のために、例えば、代表的には、 $30 \mu m / cm^2$ からの、値を2倍にするために現在行われているような、比較的高感度のレジストを備えたターゲットが必要とされる。この点に関して、実際のス

10

## 【0071】

縮小されたスポットサイズが所望の性能を達成するために必要とされるのみならず、小ビームの縮小された点広がり関数は、十分な露光寛容度を維持するために必要とされる。十分な露光寛容度は、近傍の小ビームの周辺のガウス形の部分によって通常引き起こされるような、露光のベースかバックグラウンドのレベルと比較して、小ビームからターゲットへのピーク露光レベルの比較的高い比率を必要とする。しかし、より小さな点広がり関数を有する小ビームを発生させるようなシステムをデザインすることは、各小ビームによ

20

## 【0072】

システムの小ビームの数のかなりの増加の要求は、マルチ小ビームリソグラフィシステムの投影光学の制限された物理的な寸法により、実用上の問題を生じる。このようなシステムの投影光学は、代表的には、例えば、システムによって露光されるターゲットのフィールドを受けるように、サイズを制限される。投影光学、すなわちエンド投影モジュールが実用的なデザインを占めることができる比較的小さな面積内で物理的に実現されることが

30

## 【0073】

1つの解決策は、1つのコンデンサレンズ、又は1連のコンデンサレンズを使用してアパーチャレイ4の像を縮小し、これによって、小ビームのピッチも減少させることである。しかし、この解決策は、代表的には、全ての小ビームの共通のクロスオーバーをもたら

40

## 【0074】

前述のパラグラフに導入された主要な解決策は、以下のさまざまな例に沿って図示される。これは、図1の概念に適用されるものに対応する技術の使用を可能にし、システムの収差を最小限にし、また、システムの小ビームの数の不釣り合いな増加を可能にする。投

50

影レンズ当たり複数の小ビームを使用するこの主要な解決策は、エンドモジュール7の偏向器アレイ9の偏向動作を果す偏向された小ビームの起源の仮想点が発生されて、仮想の小ビームが描画されるという事実の認識の後に見つかった。この概念は、このような仮想の小ビームは、1つの実際的小ビームが複数の実際的小ビームによって同様に置き換えられることができるというアイディアに至る。実際には、単一の投影レンズ系を通る複合的な実際的小ビームのアプリケーションは、特に、システムの全小ビームが投影レンズ系の多重度にわたって分配されるところで、収差の量を妨害することなく、可能であるように思える。

【0075】

各投影レンズ系によって導かれた複数の小ビームの一部又は全てが、動作中、いかなる点でもブランキングされることができるので、本発明に従うシステムもまた、パターン化された小ビームシステムと称される。このパターン化された小ビームシステムは、一緒に配置された多くの小型化された描画システムと見なされることができる。

【0076】

図3は、システムの小ビームの数の増加を可能にするための、本発明に従うデザインの一実施の形態を示しており、これは、ウェーハでの増加された電流と、縮小されたスポットサイズとの少なくとも一方を与える。この実施の形態では、グループ偏向器アレイ6Gは、コンデンサレンズアレイ5と小ビームブランカアレイ6との間に、図1のシステムの小ビームブランカアレイ6の上に設けられているが、このグループ偏向器アレイ6Gは、アレイ6の下に位置されてもよい。グループ偏向器アレイ6Gは、ビーム停止アレイ8の開口を通過して、及び各開口の下に形成された対応する投影レンズ系を通過して、エンドモジュール(投影モジュール)7に向かって、グループの複数の小ビームを偏向する偏向素子のアレイを有する。

【0077】

グループ偏向器アレイ6Gは、好ましくは、アパーチャアレイ4、コンデンサレンズアレイ5及び小ビームブランカアレイ6の複数のアパーチャに対応する位置で、これらの中に形成された複数のアパーチャのアレイを備えた少なくとも1つのプレートに有する。複数の電極が、図18並びに図19により詳細に示されるように、各アパーチャの位置に形成されている。グループ偏向器6Gの各素子(要素)は、エンドモジュール7のアレイ投影レンズ系の特定の投影レンズに向かって、少なくとも1つの小ビーム21を偏向させるように動作する。図3は、偏向器アレイ6Gによって偏向された3つの小ビームの3つのグループを示しており、これら3つの小ビームは、エンドモジュール7の各投影レンズ系を通過して導かれる。従って、この実施の形態では、アパーチャアレイ4、コンデンサレンズアレイ5、グループ偏向器アレイ6G及び小ビームブランカアレイ6には、エンドモジュール7に形成された投影レンズ系の3倍のアパーチャがある。

【0078】

投影レンズ系当たり3つの小ビームが図3に示されるが、投影レンズ系当たりの他の数の小ビームも使用されることができる。また、100まで、又はこれ以上の小ビームのグループが、各投影レンズ系によって導かれることができる。好ましい実施の形態では、7×7のアレイの49の小ビームのグループが、各投影レンズ系によって偏向される。

【0079】

図3は、アレイ4、5、6G及び6がエンドモジュール7とほぼ同じサイズであるとして示しているが、これらは、特に、エンドモジュール7と比較してアレイ4、5、6G及び6のかなり多くのアパーチャを必要とする投影レンズ系当たりの多くの小ビームを有するデザインに対して、より大きいことができる。

【0080】

好ましくは、小ビームの開放角度を規定しているビーム停止アレイ8の複数のアパーチャは、あたかもこれらが単一の小ビームのみを制限するかのように、比較的小さい。より大きな偏向の経路を必要とするより大きなアパーチャは、ブランキングされた小ビームの部分的なブランキングのみによって引き起こされる「テール」効果をより受けやすく、小

10

20

30

40

50

ビームをブランキングするためのビーム停止アレイ 8 で利用可能な制限されたスペースをさらに減少させる。

【 0 0 8 1 】

原理上、小ビームの各グループは、ビーム停止アレイ 8 の適切なアパーチャのところか、適切な投影レンズ系の有効レンズ面のところに集中される（すなわち、これらが交差しクロスオーバーする単一の点に導かれる）ことができる。実際には、ビーム停止アレイのところに小ビームを集中させることは、レンズの誤差を発生させ得、また、投影レンズの有効レンズ面のところに小ビームを集中させることは、線量の誤差を引き起こし得るので、この集中は、これらの 2 点の間のどこかにある。

【 0 0 8 2 】

各投影レンズ系を通過する複数の小ビームを有するこのデザインでは、荷電粒子光学スリットは、小ビームの規則的なアレイからではなく、小ビームのグループの規則的なアレイからなる。小ビームは、グループ偏向器アレイ 6 G を通過した後、小ビームブランカアレイ 6 によって偏向されることができ、ことに注目する。いかなる瞬間でも、グループのいくつかのビームが、ビーム停止アレイ 8 の対応する開口を通過して導かれて、ターゲット上に投影されることができ、また、他の小ビームは、小ビームブランカアレイ 6 によって、さらなる量だけ偏向される。このさらなる偏向は、これら小ビームが、ビーム停止アレイ 8 の開口を外すようにするので、これらは、ターゲットに到達するのをブロックされ、これによって、前述されたように、ブランキングされる、又は「スイッチがオフされる」。従って、小ビームの各グループは、ビームブランカアレイ 6 によって決定されたパターンを露光し、各グループは、単一のパターン化された小ビームと見なされることができ

【 0 0 8 3 】

図 1 1 A 並びに図 1 1 B は、小ビームのグループの基本的な概念及び洞察を説明するための、エンドモジュール 7 の小ビームの経路の概略図である。図 1 1 A は、投影レンズ系当たりの単一の小ビームを有するシステムを示している。ビーム停止アレイ 8 のアパーチャを通過した単一の小ビーム 2 1 は、偏向器アレイ 9 によって偏向されて、投影レンズ構成体 1 0 によって集束される。偏向された小ビームは、実際の小ビーム 2 1 とは異なる起源から、所定の傾斜角度で到達する個々の「仮想」小ビームと見なされることができ、例えば、小ビーム 2 1 が左に偏向されたとき、所定の位置から小ビーム 2 1 の実際の起源の右に生じる仮想小ビーム 2 1 V と見なされることができ、また、同様に、小ビーム 2 1 が右に偏向されたとき、所定の位置から小ビーム 2 1 の実際の起源の左に生じる仮想小ビーム 2 1 V と見なされることができ、図 1 1 B は、投影レンズ系当たり 3 つの小ビームを有するシステムを示している。各小ビームは、個々の点から始まり、異なる角度で投影レンズ系を通過する。ネット効果は、電流が図 1 1 B のシステムでの 3 倍大きい以外は、単一の偏向された小ビームと同じである。偏向器アレイ 9 の上のアパーチャプレート 8 は、図示されるような複数のアパーチャ 2 3 を有するか、単一の比較的大きなアパーチャを有するか、複合的な複数の小ビームを受けるための特定の形状を有するパターン化された開口を有することができる。

【 0 0 8 4 】

図 1 3 は、投影レンズ系当たりの複合的な複数の小ビームを備えた説明される構成体の効果を示すための概略図である。図 1 3 A は、実際には、代表的には  $2\ \mu\text{m}$  付近であることができる大きさ  $W_d$  の正方形の偏向場を示しており、これは、 $10\ \text{nm}$  の幾何学的なスポットサイズの直径を備えた代表的なガウス形の小ビームスポット  $16\ \text{\AA}$  を含む。偏向場を露光するためにこの小ビームスポットを使用して、およそ  $20\ \text{ppm}$  の偏向場のみが、いかなる瞬間でも露光される。

【 0 0 8 5 】

図 1 3 B は、提案されるデザインを有する、パターン化された小ビーム 1 6 B によって露光された偏向場を示している。偏向場の約 20% まで、理論的には、パターン化された小ビームによって同時に露光されることができ、実際には、200 倍まで、改良が、図

13Bによって概略的に示されるように達成されることができる。この例では、 $16 \times 16$ のアレイの比較的小さなスポットが示される（アレイの表示は、明瞭にするために図面では不釣り合いに大きく見える）。1つの投影レンズによって同時に描画されることができる小ビームの数の増加は、改良された小ビームの強度と共に、例えば、投影の限界寸法の手段によって表現される、かなり進展した技術ノードで、システムのかなり高められたスループットの維持をもたらす。

#### 【0086】

図18A並びに図18Bは、図3のグループ偏向器アレイ6Gとビームブランカアレイ6との少なくとも一方の偏向器の一実施の形態の概略図である。アパーチャのアレイは、好ましくは、プレートを貫通した円形の孔として形成される。一実施の形態では、プレートは、シリコン又は他の半導体材料で形成されており、半導体産業において周知の処理工程を使用して処理されている。これらアパーチャは、例えば、半導体産業で既知のリソグラフィ及びエッチング技術を使用して形成されることができる。投影レンズ構成体10のプレートにも同様に、使用されるリソグラフィ及びエッチング技術は、好ましくは、アパーチャの位置、サイズ及び形状の均一性を確実にするように、十分に正確に制御される。図18Aは、ビームブランカアレイ6又はグループ偏向器アレイ6Gの1つの要素を有する単一の偏向器30Aを示している。

#### 【0087】

偏向器3Aは、 $W_o \times W_o$ の寸法の割り当てられた正方形の面積内に形成されている。偏向器要素は、スイッチング電極32と、グランド電極34と、を有し、偏向された小ビームが通過することができる貫通孔33が、これらの近傍に配置されている。これら電極は、この実施形態では簡単な矩形の形状として図示されているが、スイッチング電極32は、直線状の要素であることができ、また、グランド電極34は、U字の形状に形成されることができる。しかし、貫通孔33の形状に一致する丸い、又は少なくとも窪んだ形状が好ましい。このような丸いエッジのデザインは、よりコンパクトなデザインを与え、アレイの偏向器要素の構成体を簡単にし、また、いくつかの実施の形態で使用されることができるスイッチングエレクトロニクスを含むことを簡単にする。

#### 【0088】

スイッチング電極32は、アパーチャ33を通過する小ビームを偏向するのに十分な電磁場を発生させる電気信号を受信して、小ビームは、ビーム停止アレイ8の対応するアパーチャを通過し、そして、対応する投影レンズ系を通過する（ビームブランカアレイ6もまた、小ビームを偏向しない限り、小ビームは、ビーム停止アレイ8のアパーチャを外れ、ブランキングされる）。

#### 【0089】

他の実施の形態では、2つの電極は、2つの同一の鏡像電極としてデザインされ、2つの電極の一方がスイッチング電極として設定され、他方がグランド電極として動作することが可能であるように、スイッチング電極と共に使用されることができる。これは、特に、組み合わせられたグループ偏向器及びビームブランカアレイを備えた実施の形態で効果的である。いくつかの場合には、「さらなる前方に」よりもむしろ「後方に」偏向することが有益であることができる。2つのタイプの偏向器は、例えば、小ビームをブランキングするために「さらなる前方に」偏向するグループ偏向器/ビームブランカアレイの中央のグループと、ブランキングするために「後方に」偏向する周辺のグループと混合されることができる。

#### 【0090】

図18Bは、偏向器要素のアレイ30Aの一部の概略図である。個々の電気接続は、各偏向器要素の各スイッチング電極32に形成される。これらの配線接続は、通常のリソグラフィ及びエッチング技術を使用して、グループ偏向器アレイのプレートの表面に、伝導性構造として、例えば、電気制御線35を形成することによって形成されることができる。図示された例において、 $7 \times 7$ の偏向器のグループは、49の電気制御線35を必要とする。制御線は、好ましくは、図示されるような偏向器グループの対向側に向かって延び

10

20

30

40

50

ている。

【0091】

図19A並びに図19Bは、図3のグループ偏向器アレイ6Gとビームブランカアレイ6との少なくとも一方の代わりの実施の形態の概略図である。図19Aは、ビームブランカアレイ6又はグループ偏向器アレイ6Gの1つの要素を有する単一の偏向器30Bを示している。この実施の形態では、 $W_o \times W_o$ の寸法の制限内の利用可能なスペースが、制御線36A及び横方向に向けられた制御線36Bを形成するために利用される。記憶セル31は、好ましくは、これらの制御線の交差するところに形成される。記憶セルは、さまざまな既知の構造を使用することができ、半導体産業において周知の技術を使用して形成されることができる。記憶セルは、スイッチング電極32に接続され、記憶セルに格納された電気信号が、記憶セルに残っている限り、スイッチング電極に与えられる。

10

【0092】

図19Bは、偏向器要素30Bのアレイの一部を示している。制御線は、従来のリソグラフィ及びエッチング技術を使用して、好ましくは、グループ化された偏向器6Gのプレートの表面に形成された、垂直及び水平な誘導バスラインとして延ばされる。図示される例では、 $7 \times 7$ の偏向器のグループは、 $7 \times 7$ の制御線のグリッドを必要とし、合計14の制御線がある。制御線36は、好ましくは、偏向器グループの適切な側に向かって、横切る方向に延びている。アレイの各記憶セルは、DRAM又は他の半導体メモリ技術で使われるような、ビットライン及びワードラインのアドレス方法を使用して、対応する行と列のバスラインに電気信号を与えることによってアドレスされることができる。各記憶セルにかくして記憶された信号は、記憶セルに対応するアパーチャ33を通過する小ビームの偏向を制御する。

20

【0093】

グループ偏向器アレイ6Gは、非均一な偏向動作を果す個々の偏向器要素のグループ状の(group-wise)構成体を使用する。前記小ビームは、偏向器アレイ9又は小ビームブランカアレイ6を進行する、つまり走査することによってのように、単一方向に均一に偏向されない。各グループ内の複数の小ビームは、単一の収束点に偏向され、各グループは、異なる収束点に向かって導かれる。

【0094】

代わりの実施の形態では、グループ偏向器アレイ6Gとビームブランカアレイ6とは、1つの一体ユニット(integrated unit)に一体化されることができる。この実施の形態では、一体化されたグループ偏向器/ブランカは、ビーム停止アレイ8の特定の開口に各グループのブランキングされていない小ビームを偏向するように動作し、また、各グループのブランキングされる小ビームは、幾分強く(又は弱く、又は変更された方向に)偏向し、この結果、これらは、好ましくは小ビームのグループの適切な開口の近くに、ビーム停止アレイ8にぶつかる。グループ偏向器/ブランカは、信号が与えられなければ、小ビームをブランキングするように設定されることができ、また、信号が与えられたとき、エンドモジュールに向かって小ビームを集中させる。しかし、これは、小ビームのグループの継続的な偏向を維持するために、組み合わせられたグループ偏向器/ブランカの信号線に所定の電圧ポテンシャルを維持することを必要とする。従って、個々に制御されたアレイとして構成されたグループ偏向器アレイ6Gとビームブランカアレイ6とを有することが好ましく、好ましくは、互いに近傍に配置される。これは、容易に維持されるグラウンド電圧が小ビームを通過させるために、ビームブランカへと、制御線に印加される構成体を与え(すなわち、「通常オフの」ビームブランカアレイ)、前記グループ偏向器は、前記投影レンズ系によって小ビームのグループの偏向を維持するように、特定の単一の電圧で維持される。

30

40

【0095】

図4は、図3の実施の形態の代わりの形態を示しており、グループ偏向器アレイ6Gと、さらなる成形アパーチャアレイ18と、を有する。成形アパーチャアレイ18は、好ましくは、アレイ4、5、6G及び6のアパーチャに対応する位置に、これらの中に形成さ

50

れた複数の成形アパーチャを有する少なくとも1つのプレート、又は基板を有する。成形アパーチャアレイ18は、他のアレイと同様に、好ましくは、シリコン又は他の半導体材料でできており、アパーチャは、好ましくは、リソグラフィ及びエッチング技術を使用して形成される。これらの技術は、好ましくは、アパーチャの位置、サイズ及び形状の均一性を確実にするように、十分に正確に制御される。成形アパーチャアレイ18のアパーチャは、円形、正方形又は他の形状であることができる。成形アパーチャアレイ18は、表面の帯電を防ぐために、金属の表面層で覆われることができ、一実施の形態では、金属は、CrMoのような自然酸化物の被膜層を形成しないタイプである。

【0096】

これらアパーチャは、これらアパーチャにぶつかる小ビームの周辺部分を遮断することによって、各小ビームを成形するように動作する。かくして成形された小ビームは、より均一な線量分布を示す。成形アパーチャアレイ18は、ビーム源1の虚像ではなく、アパーチャの像の描画を可能にする。この追加に関して、システムは、ビームブランカアレイ6面に小ビームを集束させることによって発生されたスポットの位置及び大きさにそれほど依存しなくなる。これは、ビームブランカアレイ6の前のレンズ系のアレイの変化又は誤りの影響を受けにくいシステムをもたらす。しかし、このシステムは、このために、小ビームの線量の変化をより受けやすくなる。

【0097】

成形アパーチャアレイ18は、好ましくは、ビームブランカアレイ6の近くに、アレイ6の前か、好ましくは後に位置され、グループ偏向器アレイ6Gなくシステムで使用されることができる。

【0098】

図5は、さらに、図3並びに図4のシステムに示される同じ原理の他の実施の形態を示している。この実施の形態では、アパーチャアレイ4は、より大きな複数のサブビーム20Aを発生させるように製造されている。これらサブビーム20Aは、共通面19上にこれらサブビームを集束させて、面19にサブビーム当たりのクロスオーバを発生させる第1のコンデンサレンズアレイ5Aによって、縮小される。好ましくは面19のすぐ後に位置された第2のコンデンサレンズアレイ5Bは、エンドモジュール7に向かって集束された、集束したサブビーム20Bを発生させる。電子光学の分野で当業者に知られているように、本実施の形態のさまざまなコンデンサレンズアレイは、単一のコンデンサレンズアレイ又は1組のコンデンサレンズアレイを有することができることが注意されるべきである。

【0099】

サブビーム20Bは、成形アパーチャアレイ18によって遮断され、この実施の形態では、各サブビーム20Bから複数の投影小ビーム21を発生させる。これら小ビーム21は、小ビームブランカアレイ6を通過して、ブランキングされた小ビームは、ビーム停止アレイ8によってブロックされる。各グループのブランキングされていない小ビームは、ビーム停止アレイ8の対応する開口を通過して、投影レンズ構成体10によってターゲット上に投影される。

【0100】

図5に示される実施の形態は、レンズ5A及び5Bの組合せが、(コンデンサレンズアレイ5Bとエンドモジュール7との間の相対的な長距離を可能にする)より弱いレンズであることができ、また、レンズ5A及び5Bは、かなり強いことができるという利点を有する。例えば、小ビームのエネルギーが、コンデンサレンズアレイ5Bとエンドモジュール7との間で減少されるならば、レンズ5A及び5Bは、強い。これは、小ビームブランカ6の強さにとって有益である。他の実施の形態では、アパーチャのアレイは、小ビーム20Bの開放角度を制御するために、他の自由度を提供するように、面19に配置される。

【0101】

図6は、図5のシステムの変形である他の実施の形態を示しており、サブビーム20Aは、エンドモジュール7に向かって、コンデンサレンズアレイ5によって直接集束される

。図5の実施の形態と比較すると、この実施の形態は、サブビーム20Aのクロスオーバーがないことにより、(余分なコンデンサレンズアレイ5Bを省略して)より少ない構成要素、幾分短いカラムの長さ及びより少ない色収差を有するという利点を有する。しかし、この実施の形態は、サブビームの開放角度を決定する際に、自由度の増した図5の実施の形態の効果を欠いている。

#### 【0102】

図7は、システムのより簡単なバージョンを示しており、これは、グループ偏向器アレイ6Gと小ビームブランカアレイ、直ちに続いたアパーチャアレイ4、又はその逆を有する。

#### 【0103】

図8ないし図10は、パターン化されていない(non-patterned)小ビーム、すなわち、投影レンズ系当たり単一の小ビームを有するさまざまな他の実施の形態を示している。図8は、小ビームブランカアレイ6の近傍に(前又は後に)位置された成形アパーチャアレイ18の追加を備えた、図1に示されるようなシステムを有する。図9は、サブビーム20A及び20Bをそれぞれ集束させる2つのコンデンサレンズアレイ5A及び5Bを備えた、図5に示されるようなシステムを有する。しかし、単一の小ビーム21のみが、成形アパーチャアレイ18によって各サブビーム20Bから形成される。図10は、エンドモジュール7上にサブビーム20Aを集束させる単一のコンデンサレンズアレイ5を備えた、図6に示されるようなシステムを有する。しかし、単一の小ビーム21のみが、成形アパーチャアレイ18によって各サブビーム20Aから形成される。

#### 【0104】

図12は、サブビーム20Aを発生させるためのアパーチャアレイ4Aと、小ビーム21を発生させるためのアパーチャアレイ4Bと、を備えた他の実施の形態を示している。1つのコンデンサレンズアレイ5(又は1組のコンデンサレンズアレイ)は、エンドモジュール7のビーム停止アレイ8の対応する開口に向かってサブビーム20Aを集束させるために、サブビームを発生させるアパーチャアレイ4Aの後に含まれている。小ビームを発生させるアパーチャアレイ4Bは、好ましくは、小ビームブランカアレイ6と組み合わせられて含まれている、つまり、アレイ6の前にアレイ4Bと一緒に接近して、又は他の方法で周囲に配置されている。

#### 【0105】

図12Aに個々に示されるように、1つ又は複数のコンデンサレンズは、エンドモジュール7のビーム停止アレイ8の対応する開口中に、又は開口に向かって、サブビーム20Aを集束する。この例では、アパーチャアレイ4Bは、サブビーム20Aから3つの小ビームを発生させて、3つの小ビームが、対応する開口のところでビーム停止アレイ8にぶつかり、3つの小ビームが、エンドモジュール7の投影レンズ系によってターゲット上に投影される。実際には、かなり多くの小ビームが、エンドモジュール7の各投影レンズ系のアパーチャアレイ4Bによって形成されることができる。実用的な実施の形態では、代表的には、約50の小ビームが、単一の投影レンズ系によって導かれることができる。また、これは、200以上に増加されることができる。図12Bに示されるように、小ビームブランカアレイ6は、これらをブランキングするために、所定の時間で、小ビームのグループの個々の小ビーム21を偏向することができる。これは、ブランキングされた小ビーム22によって図示され、これは、開口の近くではなく、ビーム停止アレイ8上の位置に偏向される。

#### 【0106】

図12の実施の形態の図示されない変形では、アパーチャプレート4A及び4Bは、好ましくは、小ビーム21のグループを形成するために、一体化されたアパーチャプレート4ABに一体化される。コンデンサレンズアレイ5は、好ましくは、一体化されたアパーチャプレート4ABの後に位置される。このデザインは、効果的には、投影レンズ系当たりの複合的な小ビームを実現するために、単純で経済的な手段を提供する。

#### 【0107】

図 1 4 並びに図 1 5 は、コリメータ 3 の色収差の問題を低減させるように意図されたシステムの概略図である。1 つの解決策は、本出願の出願人の米国特許出願公開 2 0 0 4 / 2 3 2 3 4 9 によって示されるような技術を適用することであり、この内容は、参照としてここに組み込まれる。この解決策によれば、レンズアレイは、コリメータ 3 の主面のサブビームを収束させるために、源 1 とコリメータ 3 との間のシステムに含まれる。この手段の第 1 の効果は、コリメータの色収差が仮想源の不鮮明さをもたらさないということである。代わりに、「シルクハット」開放角度が、収差角度と関係している。第 2 の効果は、サブビームが、十分な縮小を備えたコリメータの主面に描画されるならば、開放角度が大きく、従って、収差角度は、開放角度に対して小さいということである。そして、使用不可能であるか、少なくとも好ましくない角度が、アパーチャの下流側でなくされることが

10

#### 【 0 1 0 8 】

図 1 4 は、1 つの解決策を示しており、仮想源が、単一のコンデンサレンズアレイ 5 を使用して、ターゲット上に描画される。このコンデンサレンズアレイ 5 は、第 1 のアパーチャアレイ 4 A の近傍、及び後で、発散ビームの一部内に含まれる。かくして発生された集束したサブビームは、サブビームが分散するところから、平行な中心軸で、第 2 のアパーチャアレイ 4 B に、コリメートされるようにして、コリメータアレイ 1 6 の主面上に投影される。第 2 のアパーチャアレイ 4 B は、コリメートされたサブビームの周辺部分を切り詰める (truncate) ように構成されているか、位置されているかの少なくとも一方である。ほとんど均一な電流分布を示すこれらのコリメートされたサブビームの中央部分は、第 3 のアパーチャアレイ 4 C に続き、最終的に、(小ビームブランカアレイ 6 によってブランキングされない限り) ターゲット 1 1 上に投影される小ビーム 2 1 を形成する。グループ偏向器アレイ 6 G 及び小ビームブランカアレイ 6 は、エンドモジュール 7 に向かって、最後のアパーチャアレイによって発生された小ビームのグループを導くために、前述されたように、最後のアパーチャアレイ 4 C の後に位置されている。

20

#### 【 0 1 0 9 】

図 1 5 は、図 1 4 の代わりの形態を示しており、これは、2 つのコンデンサアレイ (5 C 及び 5 ) と、2 つのコリメータアレイ (1 5 A 及び 1 5 B ) とを使用するより複雑な構成体を含むが、全体の伝送品質の改良を与える。図 1 4 のものに対応する上側のシステム部分で発生されるような小ビームは、コリメータアレイ 1 5 B によって続いてコリメートされて、最後のアパーチャアレイ 4 C によって発生された複数の小ビーム 2 1 は、平行になる、すなわち、これら小ビームの中心軸は、平行になる。最後のアパーチャアレイ 4 C 及びコリメータアレイ 1 5 B によって発生された、コリメートされた小ビームは、好ましくは、コリメータアレイ 1 5 B の後に位置された、コンデンサレンズアレイ 5 によって集束される。小ビームブランカアレイ 6 の前にある、又は後に続くグループ偏向器アレイ 6 G は、内部に、又は集束されコリメートされた小ビームの焦点面の近傍に位置されている。

30

#### 【 0 1 1 0 】

上述の実施の形態で使用されるアレイのさらなる態様が、図 1 6 並びに図 1 7 に示される。図 1 6 は、アレイアパーチャのオフセット列又は千鳥形の配列を有する、小ビームブランカアレイ 6 の可能な配置を示す概略図である。コンデンサレンズアレイのアパーチャ及びさまざまな実施の形態のグループ偏向器アレイもまた、この同じ構成体に一致する。これは、システムのいわゆる投影スリットのエンドモジュール 7 の投影レンズ系の構成体に直接的に相当するか、よく似ている。

40

#### 【 0 1 1 1 】

小ビームブランカアレイ 6 の偏向領域 (面積) 1 7 は、例えば、図 1 2 でのように、ブランカアレイの前か後に、コンデンサレンズアレイ 5 のアパーチャに対する位置で示される。この実施の形態では、コンデンサレンズは、代表的には、80% 付近の非常に高い充填率で配置されており、図 1 2、図 1 2 A 並びに図 1 2 B のアパーチャアレイ 4 A でのようなサブビームアパーチャ、又は図 1 7 でのような一体化されたアパーチャアレイ 4 D の

50



円形開口は、ブランカアレイ 6 と組み合わせてここで投影されるようなコンデンサレンズの直径  $D_c$  よりも単にわずかに小さい。この例では、コンデンサレンズの開口は、 $100\ \mu\text{m}$  の直径を有する。この構成体の最大の偏向領域 17 は、 $56\ \mu\text{m} \times 56\ \mu\text{m}$  の側面 S によって決定され、およそ  $79\ \mu\text{m}$  の直径、又は囲まれた大きさ  $D_s$  に至る。 $22\ \text{nm}$  の技術ノードのために、システムのスポットを位置付けるための仮想グリッドの適当なピクセル数は、49、すなわち  $7 \times 7$  であり、また、スポットサイズの幾何学的な直径は、 $24\ \text{nm}$  であり、エンドモジュール 7 の投影レンズ系での代表的な縮小量は、ここに示される実施の形態によれば、100 のファクタである。システムの小ビームの千鳥状の位置決めに関して、位置決めを利用可能な領域のピッチ、例えば、ブランカ偏向器は、代表的には、 $W_1 \times W_2$  の領域であり、この例では、 $W_1$  は  $130\ \mu\text{m}$ 、 $W_2$  は  $150\ \mu\text{m}$  である。しかし、代わって、レンズ当たり小ビームの実際の数、代わって表示されたスポット又はサブ小ビームは、200 以上であることができる。実際には、この数は、 $14 \times 14$  の小ビームのアレイで配置された 196 の小ビームになる。

#### 【0112】

図 17 は、小ビームブランカアレイ 6 と、一体化されたアパーチャアレイ 4D との好ましい組合せを示している。図 17 の上側部分は、一体化されたアパーチャアレイ 4D を示す状態図である。この一体化されたアパーチャアレイは、 $W_1 \times W_2$  の寸法で、図 16 の小ビームブランカアレイ 6 と同じ寸法の制限で設計されている。各フィールドは、49 の小ビームアパーチャのフィールドを有し、これは、 $7 \times 7$  のグループで概略的に示される。図 17 の下側部分は、一体化されたアパーチャアレイ 4D 及び小ビームブランカアレイ 6 を示す側面図である。一体化されたアパーチャアレイ 4D と小ビームブランカアレイ 6 との両方が、さらに好ましくは、小ビームの各グループのための単一の大きなアパーチャが設けられた厚いプレートと、各グループの個々の小ビームのための複数のより小さなアパーチャを有する薄いアレイプレートと、により構成されている。これらの厚い及び薄いプレートは、2 つの別々の、接続されたプレートであるか、大きなアパーチャが小さなアパーチャに従って形成された単一のプレートであることができる。大きなアパーチャは、好ましくは、小さなアパーチャのグループを囲んでいる垂直な壁  $V_c$  を形成し、大きなアパーチャ及びより小さなアパーチャのグループは、好ましくは、図示されるように同軸に配置されている。

#### 【0113】

小ビームブランカアレイ 6 の薄いアレイプレートは、スイッチング電極、又はブランカ電極を有する。アレイ 4D の小ビームを与えるアパーチャは、小ビームブランカアレイ 6 のアパーチャよりもわずかに小さい。本発明のさらなる実施の形態に従って、アパーチャアレイ 4D 及び小ビームブランカアレイ 6 は、単一のアレイに一体化される。このさらなる一体化は、システムのカラム内の光学素子の数のさらなる減少という効果を有するが、製造がより難しく、一体化されたアパーチャアレイの精度の高い均一なアパーチャを維持するのが難しいという欠点を有する。

#### 【0114】

本発明のさらなる態様は、複数の小ビームを使用してターゲットを露光するためのマスクレスリソグラフィシステムで規定される。このシステムは、複数の小ビームを発生させるための小ビーム発生器と、複数の小ビームを制御可能にブランキングするための小ビームブランカと、ターゲットの表面上に複数の小ビームを投影するための投影レンズ系のアレイと、を具備し、前記小ビーム発生器は、荷電粒子ビームを発生させるための少なくとも 1 つの荷電粒子源と、前記荷電粒子ビームから複数のサブビームを規定するサブビーム発生器と、前記複数のサブビームの各々から個々の小ビームの 1 つのグループを規定する小ビーム発生器と、を有する。このマスクレスリソグラフィシステムは、前記複数のサブビームに影響を及ぼすためのサブビームマニピレータアレイをさらに有することができる。このサブビームマニピレータアレイは、サブビームの第 1 の部分を切り詰めて、サブビームの第 2 の部分を継続させるためのサブビーム切り捨て器 (truncator) のアレイであることができる。この切り捨て器は、サブビームの周辺部分を切り詰めることができ

、一方、サブビームの中央部分は継続する。前記サブビームマニピレータアレイは、前記複数のサブビームをコリメートするためのコリメータアレイを有することができる。このシステムは、前記コリメータアレイまで分岐するビーム及び複数のサブビームを有することができる。

【0115】

本システムは、複数の小ビームをコリメートするためのさらなるコリメータアレイをさらに有することができる。前記サブビームマニピレータアレイは、コンデンサレンズアレイを有することができ、アレイの各コンデンサレンズは、前記複数のサブビームの1つに影響を及ぼす。前記コンデンサレンズは、共通の収束点に向かって前記サブビームを収束させるように、前記サブビームを操作することができる。前記サブビームは、複数の小ビームに分割した後、投影レンズ系の1つの対応する点に向かって収束されることができる。前記サブビームマニピレータアレイは、各グループの共通の収束点に向かって、サブビームから始まる小ビームの複数のグループを収束させるように構成されることができ、前記共通の収束点は、好ましくは、前記投影レンズ系の1つに対応する点である。前記ビームから発生されるサブビームの数は、5, 000ないし50, 000の範囲にあることができる。また、前記サブビームから発生される小ビームの数は、2ないし10, 000の範囲にあることができる。前記投影レンズ系は、ターゲット面の近傍に位置されることができ、前記投影レンズ系の源側と前記小ビームジェネレータとの間の距離は、前記源側と前記ターゲット面との間の距離よりも大きい。前記アパーチャアレイは、サブビームの生成及び小ビームの生成のために使用されることができる。

【0116】

また、本発明は、複数の小ビームを使用してターゲットを露光する方法を具備する。この方法は、複数の小ビームを発生させることと、複数の小ビームを制御可能にブランキングすることと、ターゲットの表面に複数の小ビームを投影することと、を具備し、前記複数の小ビームを発生させることは、荷電粒子ビームを発生させることと、前記荷電粒子ビームからの複数のサブビームを規定することと、前記複数のサブビームからの個々の小ビームのグループを規定することと、を含む。この方法は、前記サブビームを光学的に操作する工程をさらに具備することができる。この光学的な操作は、前記サブビームを収束点に収束させることを含むことができる。前記収束点は、前記複数のサブビームを個々の小ビームに分割した後、所定の点に位置されることができ、前記収束点は、前記サブビームから発生された複数の小ビームのグループに対する共通の収束点であり、好ましくは、前記投影レンズ系の1つに対応する点である。この方法は、単一のサブビームから発生された複数の小ビームをグループ状に(groupwise)操作する工程をさらに具備することができる。

【0117】

また、本発明は、複数の小ビームを使用してターゲットを露光する方法を具備する。この方法は、荷電粒子ビームを発生させることと、発生された前記ビームからの個々の小ビーム又はサブビームを規定することと、複数の小ビームのグループを各グループの共通の収束点に向かって収束させることと、パターン化された複数の小ビームを発生させるために小ビームを制御可能にブランキングすることと、前記ターゲットの表面上に前記パターン化された複数の小ビームを投影することと、を具備し、前記小ビームの各グループは、前記ターゲットの表面上に前記パターン化された複数の小ビームを投影するために、使用時に、投影レンズ系に対応する点に向かって収束される。

【0118】

本発明は、上に記載された所定の実施の形態を参照することによって説明されてきた。これら実施の形態は、本発明の趣旨及び範囲から逸脱することなく、当業者に周知のさまざまな変更及び代わりの形態を想到し得ることが認識されるだろう。従って、特定の実施の形態が説明されてきたが、これらは、単なる例示にすぎず、添付の特許請求の範囲に規定される本発明の範囲を制限するものではない。

以下、本出願の出願当初の特許請求の範囲に記載された発明を付記する。

[ 1 ] 複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムであって、荷電粒子ビームを発生させるための少なくとも1つの荷電粒子源と、発生された前記ビームから個々の小ビームを規定するアパーチャアレイと、前記小ビームの複数のグループを、各グループの共通の収束点に向かって収束させるための小ビームマニピュレータと、前記小ビームの前記複数のグループ中の小ビームを制御可能にブランキングするための小ビームブランカと、前記ターゲットの表面上に、前記小ビームの前記複数のグループのブランキングされていない小ビームを投影するための複数の投影レンズ系のアレイと、を具備し、前記小ビームマニピュレータは、前記複数の投影レンズ系の1つに対応する点に向かって、前記小ビームの前記複数のグループの各々を収束させるように構成されているシステム。

10

[ 2 ] 前記小ビームマニピュレータは、グループ偏向器アレイを有する [ 1 ] のシステム。

[ 3 ] 前記グループ偏向器アレイは、非均一な偏向動作を果す個々の偏向器要素のグループ状の構成体を有する [ 2 ] のシステム。

[ 4 ] 各グループの前記ブランキングされていない小ビームは、単一の収束点に偏向され、小ビームの各グループは、異なる収束点に向かって導かれる [ 2 ] 又は [ 3 ] のシステム。

[ 5 ] 前記グループ偏向器アレイは、前記小ビームブランカと一体化され、一体化された前記グループ偏向器 / 小ビームブランカは、各グループのブランキングされていない小ビームを共通点に収束させ、かつ、ブランキングされた小ビームを前記共通点に収束させないよう構成されている [ 2 ] ないし [ 4 ] のいずれか1のシステム。

20

[ 6 ] 前記グループ偏向器アレイは、中に形成された複数のアパーチャを有するプレートと、各アパーチャと関連している複数の電極と、を有し、前記電極は、前記アパーチャを通過する小ビームを偏向させるように、電気信号を受信する [ 2 ] ないし [ 5 ] のいずれか1のシステム。

[ 7 ] 前記複数の小ビームを成形するための成形アパーチャアレイをさらに具備する [ 2 ] ないし [ 6 ] のいずれか1のシステム。

[ 8 ] 前記アパーチャアレイは、前記小ビームを成形するための成形アパーチャアレイを有し、前記アパーチャアレイは、複数のサブビームを規定するように構成されており、前記成形アパーチャアレイは、前記複数のサブビームから複数の小ビームを発生させるように構成されており、前記アパーチャアレイと前記成形アパーチャアレイとは、単一のユニットに一体化されている [ 2 ] ないし [ 7 ] のいずれか1のシステム。

30

[ 9 ] 前記小ビームマニピュレータは、グループ偏向器アレイを有し、前記グループ偏向器アレイと前記成形アパーチャアレイとは、単一のユニットに一体化されている [ 2 ] ないし [ 8 ] のいずれか1のシステム。

[ 10 ] 前記小ビームマニピュレータは、コンデンサレンズアレイと、成形アパーチャアレイと、を有する [ 1 ] のシステム。

[ 11 ] 前記コンデンサレンズアレイは、投影レンズ系に対応する点に各サブビームを集束させるように構成されている [ 10 ] のシステム。

[ 12 ] 前記成形アパーチャアレイは、集束された各サブビームから複数の小ビームを発生させるための複数のアパーチャを有し、前記複数の小ビームのブランキングされていない小ビームは、投影レンズ系に対応する点に収束する [ 10 ] 又は [ 11 ] のシステム。

40

[ 13 ] 前記アパーチャアレイは、複数のサブビームを規定するように構成されており、前記成形アパーチャアレイは、複数の小ビームを発生させるように構成されており、前記アパーチャアレイと前記成形アパーチャアレイとは、単一のユニットに一体化されている [ 10 ] ないし [ 12 ] のいずれか1のシステム。

[ 14 ] 前記小ビームマニピュレータは、第1及び第2のコンデンサレンズアレイと、成形アパーチャアレイと、を有する [ 1 ] のシステム。

[ 15 ] 前記第1のコンデンサレンズアレイは、前記第2のコンデンサレンズアレイの前の共通面に前記複数のサブビームを集束させるように構成されており、前記第2のコンデ

50

ンサレンズアレイは、前記複数の投影レンズ系の1つに対応する点に各サブビームを集束させるように構成されている[14]のシステム。

[16]前記成形アパーチャアレイは、前記第2のコンデンサレンズアレイによって集束された各サブビームから複数の小ビームを発生させるための複数のアパーチャを有し、前記複数の小ビームのブランキングされていない小ビームは、前記複数の投影レンズ系の1つに対応する点に収束する[14]又は[15]のシステム。

[17]このシステムで発生される前記小ビームの数が、投影レンズ系の数よりも多い[1]ないし[16]のいずれか1のシステム。

[18]このシステムは、少なくとも10,000の投影レンズ系を有する[1]ないし[17]のいずれか1のシステム。

[19]このシステムで発生される前記小ビームの数は、投影レンズ系の数の少なくとも3倍である[1]ないし[18]のいずれか1のシステム。

[20]前記小ビームの数は、投影レンズ系の数の10ないし200倍である[19]のシステム。

[21]前記小ビームブランカは、小ビームの1つのグループの小ビームをそれぞれブランキングするように構成されている[1]ないし[20]のいずれか1のシステム。

[22]単一の投影レンズ系が、前記ターゲット上に小ビームの1つのグループのブランキングされていないビームの全てを投影するように構成されている[1]ないし[21]のいずれか1のシステム。

[23]前記小ビームブランカは、ブランキング偏向器アレイと、ビーム停止アレイと、を有し、前記ビーム停止アレイは、前記小ビームブランカによって偏向された小ビームをブロックする[1]ないし[22]のいずれか1のシステム。

[24]前記小ビームブランカは、ブランキング偏向器アレイと、ビーム停止アレイと、を有し、前記ビーム停止アレイは、前記小ビームブランカによって偏向されていない小ビームをブロックする[1]ないし[23]のいずれか1のシステム。

[25]前記複数の小ビームを規定するための前記アレイのアパーチャは、前記ビームブランカのアパーチャよりも小さい[1]ないし[24]のいずれか1のシステム。

[26]ブランカ偏向器アレイとアパーチャアレイとの少なくとも一方には、前記アレイの面から上向きに延びた複数の壁が設けられている[1]ないし[25]のいずれか1のシステム。

[27]複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムであって、荷電粒子ビームを発生させるための少なくとも1つの荷電粒子源と、発生された前記ビームから複数のサブビームを発生させるための第1のアパーチャアレイと、前記複数のサブビームを集束させるためのコンデンサレンズアレイと、各集束されたサブビームから複数の小ビームを発生させるための第2のアパーチャアレイと、複数の小ビームを制御可能にブランキングするための小ビームブランカと、前記ターゲットの表面上に複数の小ビームを投影するための投影レンズ系のアレイと、を具備し、前記コンデンサレンズアレイは、前記投影レンズ系の1つに対応する点に各サブビームを集束させるように構成されているシステム。

[28]複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムであって、荷電粒子ビームを発生させるための少なくとも1つの荷電粒子源と、発生された前記ビームから複数のサブビームを発生させるための第1のアパーチャアレイと、集束された各サブビームから複数の小ビームを発生させるための第2のアパーチャアレイと、前記複数の小ビームを集束させるためのコンデンサレンズアレイと、前記ターゲットの表面上に複数の小ビームを投影するための投影レンズ系のアレイと、を具備し、前記コンデンサレンズアレイは、前記投影レンズ系の1つに対応する点に、各サブビームから形成された前記複数の小ビームを集束させるように構成されているシステム。

[29]前記第1及び第2のアパーチャアレイは、単一のユニットに組み込まれている[28]のシステム。

[30]前記第1のアパーチャアレイは、比較的大きな複数のアパーチャを有し、前記第

10

20

30

40

50

2のアパーチャアレイは、前記第1のアパーチャアレイの各大きなアパーチャに対応する比較的小さな複数のアパーチャのグループを有し、前記大きな複数のアパーチャの壁は、前記第2のアパーチャアレイの面から上向きに延びている[29]のシステム。

[31]前記大きな複数のアパーチャの前記壁は、前記第2のアパーチャアレイの前記小さな複数のアパーチャのグループを収容している領域を囲んでいる[30]のシステム。

[32]前記大きな複数のアパーチャの前記壁は、前記第2のアパーチャアレイの厚さと比較してかなり上向きに延びている[30]又は[31]のシステム。

[33]前記第2のアパーチャアレイは、前記小ビームブランカと組み合わせられる[27]ないし[32]のいずれか1のシステム。

[34]複数の小ビームを使用してターゲットを露光するための荷電粒子マルチ小ビームシステムであって、前記複数の小ビームを形成するために、中に形成された複数の孔のアレイを有する少なくとも1つのプレートと、少なくとも1つのプレートと、少なくとも1つの投影レンズのアレイと、を有する投影レンズ構成体と、を具備し、各プレートは、中に形成された複数のアパーチャのアレイを有し、前記複数のアパーチャの位置に形成された前記投影レンズを備え、前記少なくとも1つの投影レンズのアレイは、投影レンズ系のアレイを形成しており、各投影レンズ系は、前記少なくとも1つの投影レンズのアレイの対応する点に形成された少なくとも1つの投影レンズを有し、前記投影レンズ系の数は、各投影レンズ系が、前記ターゲット上に複数の小ビームを投影するように、小ビームの数よりも少ないシステム。

[35]前記小ビームブランカは、源からターゲットへ方向に、前記小ビームマニピュレータの後に配置されている[1]ないし[34]のいずれか1のシステム。

[36]前記小ビームブランカ及び前記小ビームマニピュレータは、ブランキングされていない小ビームの一定の収束の効果を与えるように、近接して配置されている[1]ないし[35]のいずれか1のシステム。

[37]前記小ビームブランカ及び前記小ビームマニピュレータは、単一のユニットに一体化されている[1]ないし[36]のいずれか1のシステム。

[38]単一の源から全ての小ビームが発生される[1]ないし[37]のいずれか1のシステム。

[39]前記小ビームの複数のグループの各々の前記収束点は、ビーム停止を有するレンズ系内に位置されている[1]ないし[38]のいずれか1のシステム。

[40]前記小ビームの複数のグループの各々の前記収束点は、投影系の有効レンズ領域に位置されている[1]ないし[39]のいずれか1のシステム。

[41]前記小ビームの複数のグループの各々の前記収束点は、投影系の有効面レンズに位置されている[1]ないし[40]のいずれか1のシステム。

[42]前記小ビームの複数のグループの各々の収束の仮想点は、投影系の有効面レンズに位置されている[1]ないし[41]のいずれか1のシステム。

[43]前記複数の小ビームは、ターゲットの焦点面に前記複数の小ビームを投影するように、レンズ系によってターゲット上に投影される[41]又は[42]のシステム。

[44]前記小ビームの複数のグループの小ビームの影響を受ける電子光学素子が、このシステムの全ての小ビーム及び小ビームの複数のグループに共通の静電素子として構成されている[1]ないし[43]のいずれか1のシステム。

[45]前記複数の小ビームの複数のグループは、単一の源から発生される[1]ないし[44]のいずれか1のシステム。

[46]このシステムは、共通静電電子光学素子を使用した複数の源を有する[1]ないし[45]のいずれか1のシステム。

10

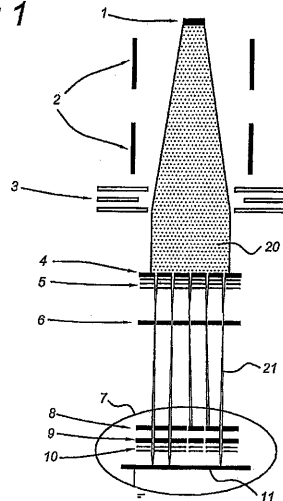
20

30

40

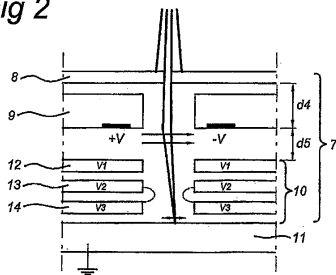
【図 1】

図 1 Fig 1



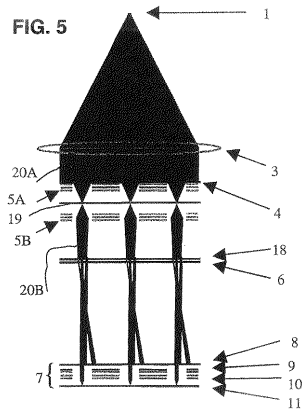
【図 2】

図 2 Fig 2



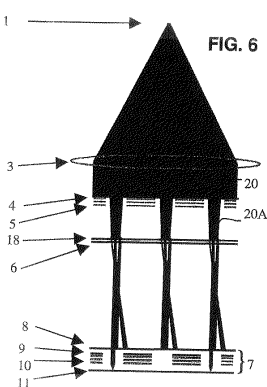
【図 5】

図 5



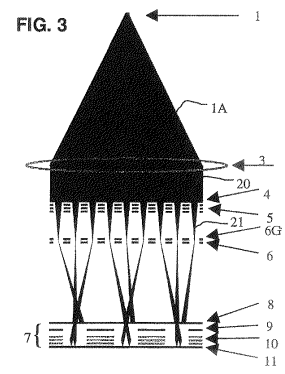
【図 6】

図 6



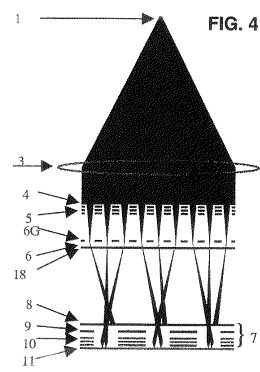
【図 3】

図 3



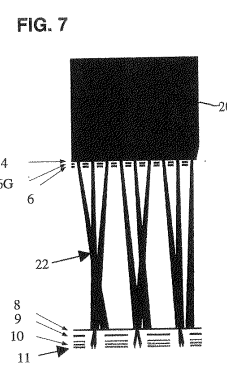
【図 4】

図 4



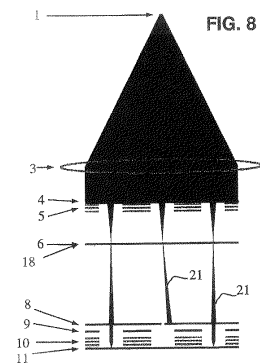
【図 7】

図 7



【図 8】

図 8



【図 9】

図 9

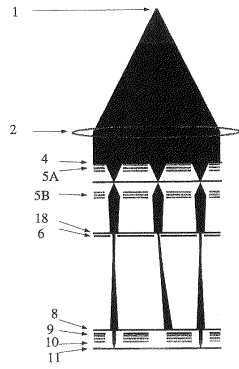


FIG. 9

【図 11 A】

図 11 A

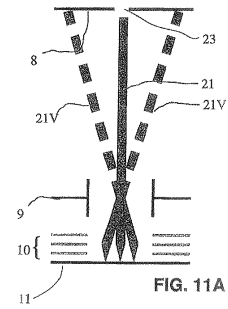


FIG. 11A

【図 10】

図 10

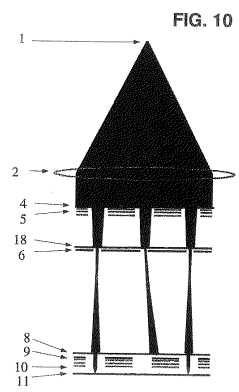


FIG. 10

【図 11 B】

図 11 B

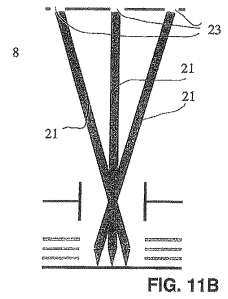


FIG. 11B

【図 12】

図 12

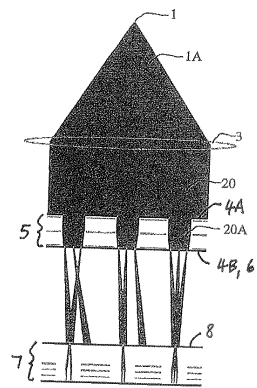


FIG. 12

【図 12 A】

図 12 A

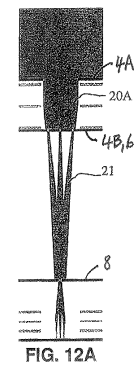
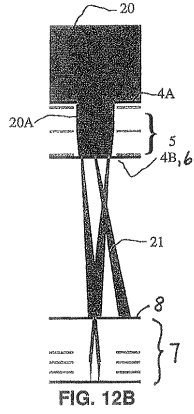


FIG. 12A

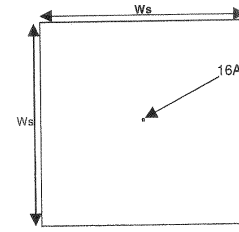
## 【図 12 B】

図 12 B



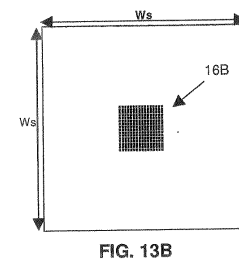
## 【図 13 A】

図 13 A



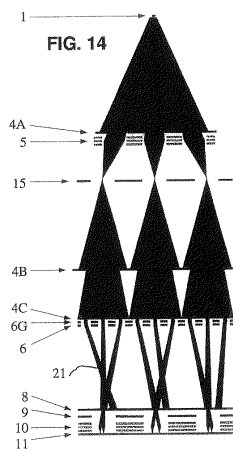
## 【図 13 B】

図 13 B



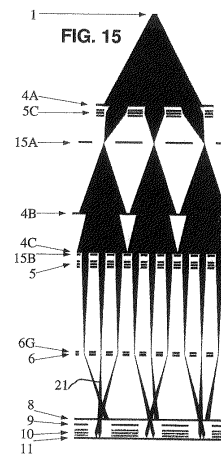
## 【図 14】

図 14



## 【図 15】

図 15





## 【図 16】

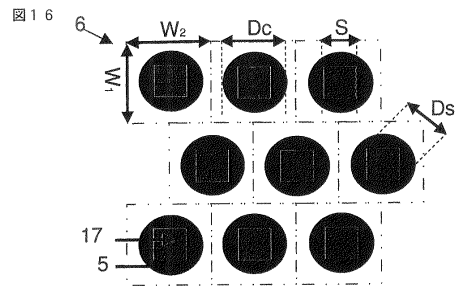


FIG. 16

## 【図 18 A】

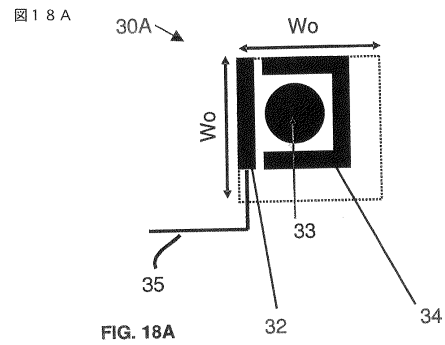


FIG. 18A

## 【図 17】

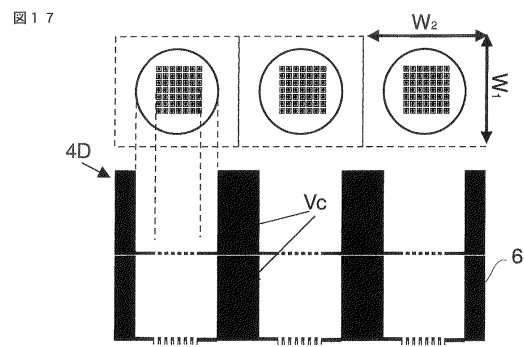


FIG. 17

## 【図 18 B】

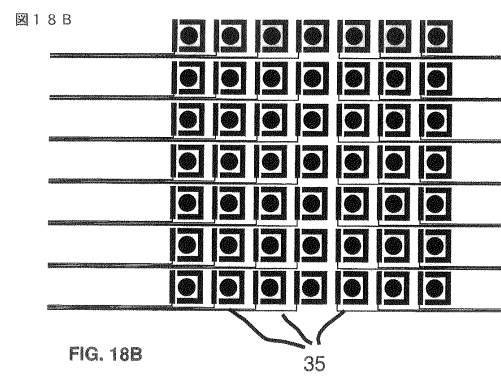


FIG. 18B

## 【図 19 A】

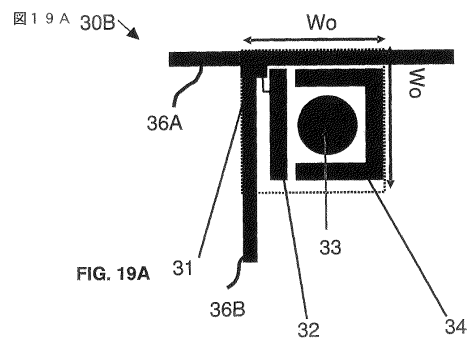


FIG. 19A

## 【図 19 B】

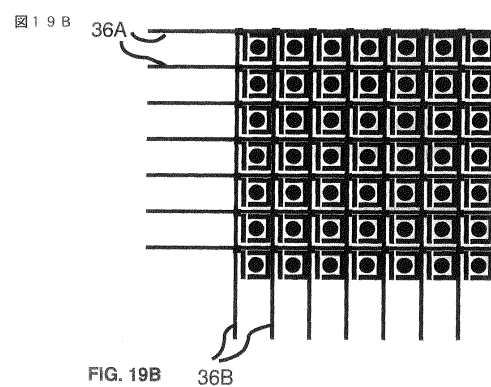


FIG. 19B

---

フロントページの続き

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(74)代理人 100119976

弁理士 幸長 保次郎

(72)発明者 ウィーランド、マルコ・ヤン・ヤコ

オランダ国、エヌエル - 2 6 1 2 ジーデー、ベレストラート 2 3

(72)発明者 ファン・フェーン、アレクサンダー・ヘンドリック・ビンセント

オランダ国、エヌエル - 3 0 3 9 イーアール・ロッテルダム、スタドハウデルスブレイン 2 7  
シー

審査官 佐野 浩樹

(56)参考文献 米国特許出願公開第 2 0 0 4 / 0 1 1 9 0 2 1 ( U S , A 1 )

特開 2 0 0 5 - 1 1 6 7 4 3 ( J P , A )

特開 2 0 0 4 - 2 8 2 0 3 8 ( J P , A )

国際公開第 0 1 / 0 3 5 1 6 5 ( W O , A 1 )

特開平 1 1 - 3 1 7 3 5 7 ( J P , A )

特開 2 0 0 4 - 0 4 0 0 7 6 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 1 2 9 9 4 4 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 3 2 2 9 1 8 ( J P , A )

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 1 J 3 7 / 0 0 - 3 7 / 0 2 、 3 7 / 0 5 、

3 7 / 0 9 - 3 7 / 1 8 、 3 7 / 2 1 、

3 7 / 2 4 - 3 7 / 2 4 4、 3 7 / 2 5 2 - 3 7 / 3 6 、

H 0 1 L 2 1 / 0 2 7