

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5384759号  
(P5384759)

(45) 発行日 平成26年1月8日(2014.1.8)

(24) 登録日 平成25年10月11日(2013.10.11)

(51) Int.Cl.	F I
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 B
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 W
HO 1 J 37/305 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 0 4
	HO 1 J 37/305 B

請求項の数 10 外国語出願 (全 36 頁)

(21) 出願番号	特願2013-24809 (P2013-24809)	(73) 特許権者	505152479
(22) 出願日	平成25年2月12日(2013.2.12)		マップパー・リソグラフィー・アイピー・ビー・ブイ、
(62) 分割の表示	特願2011-504450 (P2011-504450) の分割		オランダ国、2628 エックステー・デルフト、コンピューターラーン 15
原出願日	平成21年4月15日(2009.4.15)	(74) 代理人	100108855
(65) 公開番号	特開2013-140998 (P2013-140998A)		弁理士 蔵田 昌俊
(43) 公開日	平成25年7月18日(2013.7.18)	(74) 代理人	100109830
審査請求日	平成25年3月14日(2013.3.14)		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
			弁理士 野河 信久
		(74) 代理人	100095441
			弁理士 白根 俊郎

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 小ビームブランカ構成体

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項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リソグラフィシステムであって、

複数の荷電粒子の小ビームを発生させるためのビーム発生器(1, 3, 4)と、

前記複数の小ビームをパターン化するための偏向器(6)を有する小ビームブランカアレイ(6)と、

前記小ビームを通過させるか通過を阻止するかをできるように、前記ビームブランカアレイと共同する小ビーム停止アレイ(8)と、

前記ビームブランカアレイの複数の光感知素子に信号を光伝送する制御装置と、

前記ターゲットの表面(11)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の小ビームプロジェクタ(10)と、を具備し、

前記偏向器は、前記小ビームブランカアレイのブランカの面で円形断面の複数の開口が形成されたプレートと、少なくとも1つが前記各開口を通過する前記小ビームを偏向するように、前記開口と共同する複数の丸いか凹形状のスイッチング電極と、各々が記憶素子を有する複数のメモリセルとを有し、前記複数の光感知素子は、前記複数のメモリセルに接続され、前記複数の記憶素子は、前記制御装置により制御可能であり、前記複数の光感知素子は、前記制御装置から光伝送された信号を受信するように配設され、

前記小ビーム停止アレイ(8)は、複数の貫通孔が形成された基板を有し、

前記複数の貫通孔は、各小ビームが前記小ビームブランカアレイにより偏向されたか否

10

20

かに応じて、小ビームが、基板の貫通孔の通過を前記基板により阻止されるか、貫通孔の通過を果たすように、配置されており、

前記基板の複数の貫通孔の各々は、貫通孔を通過する小ビームの断面を規定する直径の円形を有している、荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

【請求項 2】

前記小ビーム停止アレイ(8)を通過した小ビームX方向とY方向との少なくとも一方の方向に偏向するための小ビーム偏向器アレイ(9)をさらに具備する請求項1の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

【請求項 3】

前記小ビームプロジェクタ(10)は、前記小ビーム停止アレイを通過した小ビームの各々を前記ターゲットの表面に投影する複数の投影レンズを有する請求項1又は2の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

10

【請求項 4】

前記小ビーム停止アレイの前記複数の貫通孔は、10ないし30のナノメートルの幾何学的なスポットサイズで、前記ターゲットの表面に小ビームが投影されるように、通過する小ビームを規定する請求項1乃至3のいずれか1の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

【請求項 5】

全ての小ビームの共通のクロスオーバーのない電子ビーム光学系を更に具備する請求項1乃至4のいずれか1の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

20

【請求項 6】

前記複数のメモリセルのは、複数の第1の制御線と、これら第1の制御線と交差する複数の第2の制御線との交差した所に夫々形成されている請求項1乃至5のいずれか1の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

【請求項 7】

前記複数の記憶素子の各々は、キャパシタを有する請求項1乃至6のいずれか1の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

【請求項 8】

前記複数のメモリセルの各々は、前記記憶素子の各々に信号をロードするための少なくとも1つのスイッチング素子を有する請求項1乃至7のいずれか1の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

30

【請求項 9】

前記複数のスイッチング電極は、夫々異なる方向に小ビームを偏向するように配置されている請求項1乃至8のいずれか1の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

【請求項 10】

前記夫々異なる方向は、反対の方向である請求項9の荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム。

【発明の詳細な説明】

【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。

40

【0002】

本発明は、より明確には、偏向デバイスに、特に、荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステムでの使用のための小ビームブランカであって、このブランカは、複数のアパーチャが設けられた基板と、これらアパーチャの周りに配置された第1の電極と第2の電極とを備えた複数の偏向器と、を有し、前記偏向器は、前記アパーチャを通過する荷電粒子の小ビームを偏向するための電気信号を受信する小ビームブランカに関する。

【0003】

50

本発明は、荷電粒子マルチ小ビームリソグラフィシステム、偏向方法及びターゲット面にパターンを転写する方法に関する。

【背景技術】

【0004】

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。

10

【0005】

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、特許文献1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。

【0006】

20

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。

30

【0007】

小ビームの制御されたスイッチングは、小ビームブランカを使用して達成されることが可能である。小ビームは、制御信号によって制御されて、第1の周期中、偏向され、第2の周期中、偏向なしで継続する。もし偏向されれば、小ビームは、ビーム停止で終了する。もし偏向されなければ、小ビームは、ビーム停止を通過する。このように、「パターン化された」(patterned)小ビームが発生され、ビーム停止の後に現われる。このパターン化された小ビームは、投影レンズ系によってターゲット面上に続いて投影される。商業上許容可能なスループットで動作するように意図された高解像度リソグラフィシステムについて、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。

【0008】

40

このような小ビームブランカの1つは、非特許文献1から知られている。この小ビームブランカは、1024の小ビームの個々の偏向のためのアレイとして具体的に示される。アレイは、各々が $25\ \mu\text{m} \times 25\ \mu\text{m}$ のサイズの正方形の形態である貫通孔として参照される1024のアパーチャを備えたシリコン基板を有する。ブランキング電極への配線接続は、孔の間を延びている。最も高い配線密度は、孔の間に7本の配線であり、各々が、所定の線幅を有し、2マイクロメートル離間されている。電極は、金メッキによって40マイクロメートルの厚さに与えられる。このような小ビームブランカの製造は、熱により酸化されたシリコン基板に基づいている。配線パターンニングの後、熱酸化物は、エッチングされる。指定された配線の金メッキの後、シリコン基板は、その底部側からエッチングされる。第1の電極は、U字の形状のデザインで形成され、グランド電極として動作する

50

。第2の電極は、ブロック形状に形成され、スイッチング電極として機能する。個々のグラウンド電極は、互いに電氣的に接続される。動作中、各ブランキングプレートの64ビットのデータは、DRAMからの並列に、160ナノ秒で読み出され、シフトレジスタに設定される。そして、これらは、アレイ中のスイッチング電極の各々に個々の配線によって転送される。

【0009】

既存の荷電粒子ビーム技術は、例えば、90nm以上の限界寸法を達成するために、像の比較的コース状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いる。しかし、性能を改良するために成長が必要である。例えば22nmであるかなり小さな限界寸法を達成し、また、例えば毎時10～60の十分なウェーハのスループットを維持することが望ましい。

10

【0010】

このようなより小さな最小のフィーチャサイズの達成は、単一の荷電粒子小ビームのスポットサイズと直接関連している。縮小されたスポットサイズを有するウェーハをパターニングするために、所定の表面積をパターン化するためのより多くのスポットが必要とされる。従って、縮小されたスポットサイズでウェーハスループットを維持するために、スポット当りのパターン形成(patterning)を加速するという望みがある。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0011】

【特許文献1】米国特許第5,905,267号

20

【非特許文献】

【0012】

【非特許文献1】Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 32 (1993)のパート1、no. 12B、pp. 6012～6017

【発明の概要】

【0013】

本発明は、例えば22nmであるより小さな限界寸法を達成し、また、例えば毎時10～60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。これらの要求は、既知のブランカの制限を越えている。前記非特許文献1は、ブロック露光及びステンシルマスクを使用する予備的な試験について説明している。この文献は、ブランカ装置の解像度を進展させて、反復パターンを備えたウェーハと、ランダムパターンを備えたウェーハとを識別することについて思索している。フィーチャサイズとスループットとの間の比例関係を仮定すると、これは、反復パターンを備えたウェーハに対して20nmのノードで、毎時約3の8" (8インチ、約20.32センチメートル)のウェーハのスループットに達する。ランダムパターンに関して、速度は、100nmのノードに対して100のファクタだけ、かなり低いことが示される。

30

【0014】

本発明は、このようなランダムパターンを有する12" (12インチ、約30.48センチメートル)のウェーハをパターニングすることを熟考している。22nmで毎時10のウェーハに達するために、上で引用された先行技術の推測と比較して、約1000のスループットの増加が必要とされる。この大幅に増加したスループットは、小ビームの偏向を適切に制御するというエンジニアリングの課題に対処する。小ビームのブランキング中、誤りがリソグラフィ処理中に補正されることができないので、これはより重要になり、小ビームブランカのための仕様は、究極的に厳密である必要がある。

40

【0015】

本発明の目的は、個々の偏向器への制御信号の高いデータ速度伝送を可能にするリソグラフィシステムを提供することである。

【0016】

50

本発明のさらなる目的は、アレイの全てのブランカ偏向器が正確に動作するという点で、ブランカの機能品質に関する高スループット及び満たすべき要求に適したリソグラフィシステムを提供することである。

【0017】

他の目的は、より多い小ビームの数に容易にスケール合わせ可能なリソグラフィシステムを提供することである。

【0018】

本発明のさらなる目的は、このようなリソグラフィシステムでの使用のための偏向器、並びに、偏向器を使用するための、及びリソグラフィシステムを使用するための方法を提供することである。

【0019】

本発明は、複数のメモリセルを与え、各セルには記憶素子が設けられており、各セルが偏向器に接続されていることによって、これらの目的の少なくとも一部を満たす。本発明の洞察は、制御信号が局所的に利用可能な記憶素子へと伝送されるということにより、個々の偏向器への制御信号の伝送が増加されることができるといことである。制御信号は、いったん記憶素子にロードされ、そして、ブランキング期間中に読み出されることができる。記憶素子への制御信号のこのようなローディングは、偏向器に制御信号を直接与えるよりも少ない時間を必要とすることがわかる。そして、この時間は、他の小ビームに対する偏向器に制御信号を与えるために利用可能となり、これは、非常に多くの小ビームを備えたシステムのより高いスループットを可能にする。メモリセルは、個々に、他のセルとの相互作用なしで動作することができる偏向デバイスのやや局所的な部分である。これは、それにアドレスされた制御入力に基づいて適切に動作し、特に、このような時間の開始時にセルに与えられる制御信号に基づいて、所定の時間中に動作する。

【0020】

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、複数の荷電粒子の小ビームを発生させるためのビーム発生器と、ターゲット面にパターン化された複数の小ビームを投影するための小ビームプロジェクタと、前記小ビームをパターン化するための小ビームブランカと、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の小ビームプロジェクタと、を具備し、このリソグラフィシステムは、偏向デバイスを具備し、前記偏向デバイスは、複数のメモリセルを有し、各セルには、記憶素子が設けられており、各セルは、偏向器に接続されている。

【0021】

第1の実施の形態では、前記記憶素子は、制御信号でロードされた後に信号出力を与えるように構成されている。これは、ブランカが、制御信号の準備から独立して時間に関して (timewise) 動作することを可能にする。これは、さらに、制御信号が異なる偏向器に連続してロードされることができ、それにもかかわらず、これら偏向器が新しいブランキング期間を同時に始めることを可能にする。前記記憶素子は、信号の変化の場合には、信号出力のみを与えるように構成されることができる。代わって、前記記憶素子は、前記制御信号のリフレッシュレートに少なくとも等しい周波数を有する信号出力を与えるように構成される。好ましくは、前記記憶素子は、信号出力のリフレッシュレートよりも高い周波数で、信号出力を規則的に与えるように構成される。最も適切には、前記記憶素子は、出力信号を継続的に与えるように構成される。

【0022】

さらなる変形では、前記記憶素子は、この記憶素子に与えられるリード信号を必要とすることなく、信号出力を与えるように構成される。このようなリード信号の準備は、さらなる回路につながり、時間がかかる。記憶アレイからの1つの素子から読み出すとき、リード信号が通常必要とされる。偏向器に対して1つの記憶素子が結合している現在の実施の形態では、リード信号は不要である。

【0023】

10

20

30

40

50

適切な実行では、前記記憶素子は、キャパシタである。キャパシタは、能動的なリード信号を与えることなく読み出されることができ、所定の時間期間の間信号出力を与え続ける。キャパシタは、ブランキング期間中に偏向器を偏向するためのエネルギー貯蔵部として構成されることができるが、好ましくは、制御信号それ自身の貯蔵部として構成される。キャパシタのさらなる利点は、MOSキャパシタ、トレンチキャパシタ、金属化構造体で規定されたキャパシタ（内部接続キャパシタ）、修正MOSトランジスタ、寄生キャパシタ、又は当業者に既知の他の適切なタイプとして、いくつかの位置及び構成で実行されることができるということである。特に、非常に高いデータ速度及び対応する短いブランキング期間に関して、このような寄生キャパシタは、簡単にコンパクトな構成を可能にする適切な解決策であることができる。

10

## 【0024】

前記メモリセルは、適切には、記憶素子、特にキャパシタに制御信号をロードするためのスイッチング素子を有する。ロード動作の後、スイッチは開かれ、また、キャパシタは、所定の出力信号レベルを与える。

## 【0025】

前記複数のメモリセルがアレイで配列されたとき、このようなスイッチング素子は、第1及び第2の制御線への適切な電圧の印加によって切り替えられることができる。そして、前記メモリセルは、前記制御線の交差点に位置されている。アレイへのメモリセルの組織化（organisation）は、制御線の数かなり減らされ、かくして、偏向器の構成を単純化し、制御線に必要なスペースを減らすという利点を有する。スイッチング素子の好ましい例は、CMOSスイッチ、すなわち、NMOS及びPMOSTランジスタの並列組合せである。前記アレイは、さらに、電圧供給チャネルを有することができる。

20

## 【0026】

好ましくは、前記メモリセルは、さらに、増幅器を有し、前記記憶素子は、前記増幅器の入力に結合されている。前記増幅器は、前記偏向器のスイッチング電極に駆動電圧を与える。これは、現実的でエラー強さのある（robust）解決策であることが分かる。前記記憶素子は、局所的に利用可能な増幅器の制御信号として効果的に使用される。これは、制御信号からの電圧供給の分離を可能にする。さらに、増幅器の局所的な存在は、増幅器と偏向器との間の短い距離を意味する。両方の効果は、電力の損失の減少をもたらす。電力の損失がブランカ装置での熱の散逸をもたらすので、これは、効果的である。さらに、この装置の温度の上昇は、寸法（例えば、側方への熱膨張）に影響を及ぼし、マスクレスリソグラフィシステム内の他の素子で位置合わせに関して、かくして形成されたパターン転写の均一性及び正確さに影響を及ぼす。

30

## 【0027】

さらなる一実施の形態では、前記増幅器は、インバータを有する。前記インバータは、制御信号を増幅させるために非常に適したトポロジーである。前記インバータは、前記増幅器の出力が、前記記憶素子から受信した信号よりもデジタル形状を有するという利益上の効果を有する。言い換えれば、偏向器も、オンかオフかのどちらかである。これは、リソグラフィシステムのパターンニング工程の高精度を得るための非常に重要な工程である。

## 【0028】

前記アレイは、電源供給とクロックとのために、個々の分配チャネルを有することが好ましい。さらに、グラウンドは、適切には、別々に分配される。たとえクロック信号が制御信号内に含まれていてもよくても、クロック信号の個々の分配は、よりよい結果を与える。クロック信号は、例えば、前記増幅器に分配される。これは、増幅器が制御信号の好ましくは連続的な準備から独立して時間的に動作されることができることを可能にする。

40

## 【0029】

さらなる実施の形態では、記憶素子のローディングは、制御装置によって制御される。制御装置からの信号は、偏向デバイス中の光感知素子に光学的に伝送される。このような光伝送は、ブランカにギガビット/秒までのデータ伝送速度を容易に必要とする全ての制御信号を適切に供給する方法を与える。

50

## 【0030】

適切には、信号は、多重送信 (multiplexed) 形式で光学的に伝送される。そして、デマルチプレクサ (demultiplexer) が、ブランカ装置中にある。さらに、中間メモリが、デマルチプレクシング (demultiplexing) のタイムスロット中に制御信号を記憶するためにある。適切には、これは、メモリセルのアレイに隣接して位置されている。

## 【0031】

本発明の配置構成の実行では、複数のアレイがある。複数のアレイにわたる複数のメモリセルの準備は、いくつかの利点を有する。まず、個々のアレイ間のスペースが、上述された複数の分配チャネルと、デマルチプレクサ及び中間メモリとの少なくとも1つのために使用されることができる。好ましくは、1つのアレイ当たり1つのデマルチプレクサがある。さらに、スペースが、偏向デバイスに機械的支持を与えるために使用されることができる。偏向デバイスは、適切には、複数のアパーチャが設けられた半導体基板を有する。この半導体基板は、局所的に薄くされており、薄くされた領域内では、個々のアパーチャは、偏向器間にある。このような装置は、機械的に脆弱で、簡単に規則的な機械的支持なしで破損、振動などを受けやすい。適切には、アレイは、単一のサブビームから規定されたグループの小ビームの偏向に使用される。複数のサブビームが、単一の源の荷電粒子ビームから規定されることができる。

10

## 【0032】

本発明に従う一実施の形態では、偏向器、及び他の構成要素は、列をなして構成されており、増幅器と、記憶素子と、スイッチング素子と、制御線と、分配チャネルとを含むこの偏向器、及び他の構成要素は、単一のチップか集積回路に全て一体化される。これは、明らかに、アセンブリによる複雑さと歩留り損を防ぐ。

20

## 【0033】

本発明のアレイは、いくつかのさらなる効果的な実行で与えられることができる。これらの実行もまた、複数のメモリセルの現在の原理から独立して適用されることができる。

## 【0034】

一実施の形態では、前記第1及び第2の電極の少なくとも一方は、アパーチャの形状に一致する凹形状を有する。アパーチャの形状に一致する凹形状により、アパーチャサイズと電極サイズとの両方が、かなり減少されることができる。また、かくして与えられる組合せは、小ビームを十分に偏向するように、所定の偏向の強度を備えた電場を与えることができる。十分な偏向は、ここでは、後のビーム停止アレイに向かう偏向であり、ここで小ビームが停止される。偏向の結果としての他の小ビームとのいかなる相互作用も、好ましくは防がれる。

30

## 【0035】

適切には、第1及び第2の電極は、2つの同一のミラー像電極として設計されており、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を可能にするスイッチングエレクトロニクスで使用される。ミラー形状の電極の使用は、アレイのアドレスにさらなる自由度を与える。また、小ビームは、前方方向に偏向されてもよく、また、対向極の駆動電圧に対する必要なく後方に偏向されてもよい。代わって、駆動は、パイポラの原理を使用して、すなわち、1つの電極上の正電圧及び反対の負電圧で実行されることができる。

40

## 【0036】

好ましい一実施の形態では、複数の偏向器のアレイには、互いに異なる方向に偏向する第1及び第2の偏向器が設けられている。この実施の形態は、電極の向きを変えることによって、容易に実行される。これは、一般的に、偏向された小ビームが他の小ビームと干渉しない方向に小ビームを偏向するための自由を与えるのに、例えば、他の偏向されていない小ビームの経路を横切らず、例えば、電気的な斥力によって偏向されていない小ビームにも影響を及ぼさないようにするのに効果的である。小ビームが小ビームブランカに対して斜めに通過した場合には、他の小ビームとの相互作用の防止は、とても適切である。

## 【0037】

50

特定の実行では、アレイ中の偏向器の電極は、小ビームの入射角に応じて配置される。適切には、1つのグループ中の小ビームは、各グループの収束の共通点に向かって収束するように操作される。そして、少なくともいくつかの偏向器が、適切には、収束のそのような点に等しい距離に位置する、つまり、小ビームのそのようなグループの光軸を中心とした同心円上に位置される。最も適切には、小ビームの1つグループが、1つのアレイに対応する。

【0038】

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る。また、グループ偏向器アレイは、好ましくは、非同一の偏向動作を果す個々の偏向器要素のグループ状の配置を有する。各グループ中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る。また、小ビームの各グループは、それぞれ異なる収束点に向かって導かれる。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デフレクタ/小ビームブランカは、各グループ中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、各アパーチャに関連している電極と、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するための電気信号を受信する。

【0039】

アレイ内で異なる指示を与えたとき、中央のグループが前方に偏向され、周辺のグループが後方に偏向されることが好ましいことがわかる。用語「前方に」及び「後方に」は、ここでは、マスクレスリソグラフィシステムの特定の実施の形態に従って使用される。この実施の形態では、斜め方向、すなわち小ビームブランカの面に垂直でない方向に偏向されていないとき、小ビームは小ビーム偏向器を通過する。特に、このような方向は、垂直な入射角を含んでいる。用語「前方向に」及び「さらなる前方向に」は、ここでは偏向として理解され、入射角が増加される。用語「後方に」は、ここでは偏向として理解され、入射角が減少する。

【0040】

さらなる一実施の形態では、小ビームブランカアレイのアセンブリ及びアパーチャアレイが提供される。小ビームブランカアレイを1つのアセンブリに組み合わせることは、後の段階でのアセンブリの工程の数を減らす。このようなサブアセンブリの生成は、必要な位置合わせに達する効率的な方法であることがわかる。適切には、小ビームブランカアレイ及びアパーチャアレイの各々には、互いに位置合わせされることができ、機械的なポストが設けられている。より好ましくは、しかし必ずではないが、アレイの機械的なポストは、互いに機械的に取着されている。さらなる実施の形態では、これらの機械的なポストは、少なくとも1つのアレイ間に規定される。これとともに、サブアセンブリの機械的安定性は増加される。さらなる利点は、これに関する振動の固有周波数が縮小されるということである。アレイは、適切なマイクロスケールの寸法でシリコン構造体をエッチングさせる。このような微小構造中の振動は、高い周波数を有する傾向にある。このような振動は、真空のカラム中で適切に補正されることができない。機械的なポストの準備によって、アレイは、効果的に細分される。スパン幅は、これによって縮小され、質量は増加され、かくして、機械的振動の主な減少を導く。

【0041】

このシステムは、さらに、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、前記成形アパーチャアレイは、複数のサブ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前記成形アパーチャアレイもまた、単一のユニットに一体化されることができ、

【0042】

10

20

30

40

50



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、各集束された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が、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、複数のサブ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及び前記成形アパーチャアレイは、好ましくは、単一のユニットに一体化されている。

【0043】

10

前記小ビームマニピレータもまた、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、前記第2のコンデンサレンズアレイの前の共通面に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。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が、前記投影レンズ系の1つの対応する点に収束する。

【0044】

システムで発生された小ビームの数は、投影レンズ系の数よりも大きいことが好ましい。また、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。システムで発生された小ビームの数は、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10~200倍であることができる。

20

【0045】

本発明の他の態様によれば、少なくとも1つの荷電粒子の小ビームを偏向する方法が提供される。この方法は、偏向器に制御信号を伝送する工程と、前記制御信号に基づいて前記小ビームを偏向する工程と、を具備する。ここでの制御信号は、前記偏向器に接続されたメモリセル内の記憶素子に伝送される。

【0046】

好ましくは、前記制御信号は、前記記憶素子に周期的に伝送される。最も適切には、前記記憶素子は、制御期間中、前記制御信号を継続的に与える。

30

【0047】

一実施の形態では、前記記憶素子中の前記制御信号は、前記偏向器のスイッチング電極に駆動電圧を与える増幅器の入力として使用される。前記増幅器は、好ましくは、制御信号を評価するためのインバータを有し、前記増幅器は、デジタル出力を有する。

【0048】

最も適切には、前記制御信号は、制御装置から、メモリセルに電氣的に結合された光感知素子に光学的に伝送される。

【0049】

本発明の他の態様によれば、少なくとも1つの荷電粒子の小ビームを使用してターゲット面へパターンを転写する方法が提供される。この方法は、少なくとも1つの荷電粒子小ビームを発生させる工程と、前記小ビームをパターン化するように、所定の変調パターンに従って前記小ビームを偏向する工程と、前記ターゲット面に前記パターン化された小ビームを投影する工程と、を具備する。ここでは、前記偏向する工程は、偏向器に制御信号を伝送して、前記制御信号に基づいて前記小ビームを偏向することによって行われる。ここでの制御信号は、前記偏向器と一緒にメモリセルに位置された記憶素子に伝送される。

40

【0050】

本発明のこの方法は、高いスループットのターゲットを満たし、さらに、転写されたパターンの高精度を維持することができる。この高精度は、本発明の偏向方法の高い機能品質による。結果として、ターゲット面を走査する2つのサイクルでパターンを伝送するこ

50

とが可能である。適切には、パターンの主な部分は、主なサイクルに伝送され、また、残りの部分は、さらなるサイクルに転送される。この「冗長走査」(redundancy scanning)の方法は、失敗の数をかなり減少させる。これは、さらなる失敗のパターン化を防ぐために、ブランカ偏向器が正確にスイッチオフされることができるこの冗長走査方法において重要である。さらに、冗長走査の実行のために個々の偏向器、又はグループの偏向器にさらなる命令を送る必要がある。冗長走査の原理は、WO-A 2007/013802として公開されたPCT出願であるPCT/NL 2006/000386に規定されており、この全体の内容は参照としてここに組み入れられる。

#### 【0051】

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、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(group-wise)配置された複数の偏向器のサブアレイを有する。

#### 【0052】

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と、前記アパーチャを通過する小ビームを偏向するためにアパーチャに関連したスイッチング電極を含む小ビームブランカの各偏向器と、を有する。複数の偏向器の1つのグループのスイッチング電極は、好ましくは、単一線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の制御のためのメモリセルが設けられており、各メモリセルは、好ましくは、2本の制御線に電氣的に接続されており、各制御線は、グループのメモリセルの行又は列に共通に接続されている。前記小ビームブランカは、さらに、電圧供給チャンネルを有することができる。

#### 【0053】

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、小ビームのグループ中の異なる小ビームに対して異なる。前記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、そ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な状態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また、動的(ダイナミック)に変更されることができ、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、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。

#### 【0054】

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、複数の荷電粒子の小ビームを発生させるためのビーム発生器と、ターゲット面にパターン化された小ビームを投影するための小ビームプロジェクタと、小ビームをパターン化するための小ビームブランカと、ターゲットの表面上にパターン化された小ビームを投影するための小ビームプロジェクタと、を有し、前記小ビームブランカは、複数のアパーチャが設けられた基板と、所定の変調パターンに従って前記複数のアパーチャの1つを通過する小ビームを偏向するための第1及び第2の電極を備えた偏向器と、を有し、前記電極の少なくとも一方は、凹形状を有する。

#### 【0055】

凹形状を有する電極の使用にはいくつかの利点がある。最も適切なのは、凹形状がアパーチャの形状に一致するという点である。そして、このアパーチャは、最も適切には、ブランカの面に円形の断面を有する。好ましくは、アパーチャは、全体的に円形である。アパーチャのこのような形状は、非点収差の導入を防ぎ、ブロック形状のアパーチャに起因することができる。これは、さらに、近傍の偏向器間の相互作用を低減させる。両方の

10

20

30

40

50

効果は、偏向器の正確さを改良するのをサポートする。さらに、これらは、偏向器のより密なパッキングを可能にするのを助ける。

【0056】

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、複数の荷電粒子の小ビームを発生させるためのビーム発生器と、ターゲット面にパターン化された小ビームを投影するための小ビームプロジェクタと、小ビームをパターン化するための小ビームブランカと、ターゲットの表面上にパターン化された小ビームを投影するための小ビームプロジェクタと、を有し、前記ブランカは、複数のアパーチャが設けられた基板と、第1及び第2の偏向器と、を有し、前記第1及び第2の偏向器の各々には、所定の変調パターンに従って前記複数のアパーチャの1つを通過する小ビームを偏向するための1組の第1及び第2の電極が設けられ、前記小ビームは、前記偏向デバイスに対して所定の入射角を有し、前記入射角は、前記偏向デバイスに対して直角に規定されており、前記第1の偏向器は、小ビームをさらに前方に偏向し、かくして、前記小ビームの入射角を増加させ、また、前記第2の偏向器は、小ビームを後方に偏向し、かくして、前記小ビームの入射角を減少させる。

10

【0057】

現在のリソグラフィシステムにさらに関連する説明される実施の形態は、偏向器デバイス、偏向方法、及びパターンを転送する方法を含む、本発明の他の態様のどれにも適用可能である。本発明の偏向デバイスは、マスクレスリソグラフィシステムで使用される小ビームブランカで使用するのに特に適しているが、これに限定されない。例えば、この偏向デバイスは、偏向器を描画するために効果的に適用されることができる。代替の形態は除外されないが、マスクレスリソグラフィシステムは、適切な電子ビームシステムである。メモリセルは、好ましくは、1つの個々の偏向器に好ましくは接続される。

20

【0058】

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】

【0059】

【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。

30

【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。

40

【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。

【図11B】図11B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

50

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。

【図 2 0】図 2 0 は、第 1 の実施の形態での偏向器に接続されたメモリセルの回路図である。

【図 2 1】図 2 1 は、第 2 の実施の形態での偏向器に接続されたメモリセルの回路図である。

【図 2 2】図 2 2 は、偏向器の一実施の形態の概略図である。

【図 2 3】図 2 3 は、偏向器のアレイの概略的な横断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0060】

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。

【0061】

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、均質な、拡大している電子ビーム 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。

【0062】

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有する。従って、複数の平行な電子小ビーム 21 が発

10

20

30

40

50

生される。このシステムは、非常に多くの小ビーム 2 1 を、好ましくは約 1 0 , 0 0 0 ないし 1 , 0 0 0 , 0 0 0 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。

**【 0 0 6 3 】**

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。

10

**【 0 0 6 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。

20

**【 0 0 6 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。

30

**【 0 0 6 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。

40

**【 0 0 6 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 6 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

50

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 20  $\mu\text{m}$  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 21 の直径は、代表的には、約 15 ないし 75  $\mu\text{m}$  の範囲にある。

【0069】

現在の例で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。この直径は、30 ないし 75  $\mu\text{m}$  の範囲内の直径の値、5 ないし 20  $\mu\text{m}$  の内の上述の値、特に好ましくは 5 ないし 10  $\mu\text{m}$  の範囲内にある。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。

【0070】

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。

【0071】

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、半導体形成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。

【0072】

これらアパーチャの位置決めの一貫性、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。

【0073】

10

20

30

40

50

アパーチャのサイズの均一性は、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均一性を与える。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。

【0074】

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。

【0075】

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、半導体形成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。

【0076】

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 20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。

【0077】

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 30をもたらし。アパーチャの均一性は、均一な静電レンズをもたらし。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し。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、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、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、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 40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。

【0078】

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。

【0079】

10

20

30

40

50

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。

#### 【0080】

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によって分割さ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）との間の電圧の差が第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し、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に言及する。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の非常に小さいことを可能にする。

#### 【0081】

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、小ビームの中の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。

#### 【0082】

図2は、さらに、左から右へ的小ビームの偏向として図2に示された、Y方向の偏向器

10

20

30

40

50



アレイ 9 による小ビーム 2 1 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 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）。

【 0 0 8 3 】

Y 方向に対する偏向に関して述べられたのと同様にして、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。

【 0 0 8 4 】

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、集束が行なわれ、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。後者の構成体は、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。

【 0 0 8 5 】

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 1 1 の表面のところで焦点を急速に外す。

【 0 0 8 6 】

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。

【 0 0 8 7 】

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 1 0 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 1 0 0 倍の、好ましくは約 3 5 0 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 2 1 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 1 0 ないし 1 0 0 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 2 5 倍の、好ましくは約 5 0 倍の縮小を与える。この高い縮小は、投影レンズ構成体 1 0 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、系全体のコラムの長さ（高さ）がかなり減少されることができるということである。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 1 5 0 ないし 7 0 0 mm の高さの、焦点距離が小さく

10

20

30

40

50

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さまざまな構成要素にさらなる要求を課す。

**【 0 0 8 8 】**

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 5 mm 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、0.5 mm の距離が使用されることができる。

10

**【 0 0 8 9 】**

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 low 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 10 keV 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

**【 0 0 9 0 】**

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。

30

**【 0 0 9 1 】**

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 low 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。

40

**【 0 0 9 2 】**

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 14 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

50

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のアパーチャ18のサイズとに関連している。

【0093】

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。

10

【0094】

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。

【0095】

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。

20

【0096】

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。

30

【0097】

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。

40

【0098】

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。

【0099】

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

50

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。

#### 【0100】

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  
10  
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、 $30 \mu\text{m} / \text{cm}^2$  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、実際のスポットサイズは、用語をより想像しやすいように、使用されるテキストのリマインダとして「点広がり関数」の代わりに対応していることが明示される。本発明に従う概念の他の実際の態様は、スポットサイズがCDサイズの大きさのオーダになるということである。

#### 【0101】

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、露光のベースが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、各小ビームによってターゲットに与えられることができる荷電粒子の流れをかなり減少させる。使用される荷電粒子源の明るさに関係なく、縮小されたスポットサイズ、増加した流れ及び縮小された点広がり関数の前述の要求は、同じウェーハのスループットでの限界寸法の縮小と比較して、システムの小ビームの数をかなり線形増加させることを意味している。  
20

#### 【0102】

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  
できるレンズの数には制限がある。達成される縮小された限界寸法で、既知の技術を使用してこれらの寸法内で構成されることが  
できるレンズの数は、所望のウェーハのスループットを達成するために必要な小ビームの数よりもかなり少ない。

#### 【0103】

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アレイ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をもたら  
40  
し、これは、かなりの量（大きさ）の収差を引き起こす。これは、特に、現在の要求の観点では、望ましくなく、また、この収差を打ち消すためには、システムをさらに複雑にするであろう。本発明は、小ビームの共通のクロスオーバを回避し、かくして、多くのクロスオーバのアパーチャアレイ4の像の必要な縮小を分割することによって、この欠点を回避し、これによって、各クロスオーバのエネルギーを制限する。これは、システムの収差の量をより釣り合うように制限する効果を有する。これは、ターゲット上に投影するために単一の投影レンズ系に向かって複数の小ビームを導くために、例えば、グループ偏向器アレイがコンデンサレンズアレイであるシステムにアレイマニピレータを加えることによ  
50

って達成される。

【0104】

前述のバ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か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。

10

【0105】

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ことができる。

【0106】

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。

20

【0107】

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つのプレートを有する。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。

30

40

【0108】

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出来る。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。

【0109】

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、より大きいこと出来る。

50

## 【0110】

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。

## 【0111】

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

10

## 【0112】

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。

【0112】  
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、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

20

## 【0113】

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

【0113】  
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。

30

40

## 【0114】

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  $16 \text{ A}$  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、

50

いかなる瞬間でも露光される。

【0115】

図13B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16B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る。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。

10

【0116】

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。

20

【0117】

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、又は少なくとも凹形状が好ましい。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。

30

【0118】

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）。

【0119】

他の実施の形態では、2つの電極は、2つの同一のミラー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の効果である。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。

40

【0120】

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

50

偏向器要素の各スイッチング電極 3 2 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 3 5 を形成することによって形成されることができ。図示された例において、7 × 7 の偏向器のグループは、4 9 の電気制御線 3 5 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伸びている。

#### 【 0 1 2 1 】

図 1 9 A 並びに図 1 9 B は、図 3 のグループ偏向器アレイ 6 G 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 1 9 A は、ビームブランカアレイ 6 又はグループ偏向器アレイ 6 G の 1 つの要素を有する単一の偏向器 3 0 B を示している。この実施の形態では、W o × W o の寸法の制限内の利用可能なスペースが、制御線 3 6 A 及び横方向に向けられた制御線 3 6 B を形成するために利用される。メモリセル 3 1 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。メモリセルは、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。メモリセルは、スイッチング電極 3 2 に接続され、メモリセルに格納された電気信号が、メモリ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

#### 【 0 1 2 2 】

図 1 9 B は、偏向器要素 3 0 B 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 6 G 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 × 7 の偏向器のグループは、7 × 7 の制御線のグリッドを必要とし、合計 1 4 の制御線がある。制御線 3 6 は、好ましくは、偏向器グループの適切な側に向かって、横切る方向に伸びている。アレイの各メモリセルは、D R A M 又は他の半導体メモリ技術で使用されるような、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。各メモリセルにかくして記憶された信号は、メモリセルに対応するアパーチャ 3 3 を通過する小ビームの偏向を制御する。

20

#### 【 0 1 2 3 】

図 2 0 は、図 1 9 A に示されるような偏向デバイスの一部の回路図を示している。この部分は、偏向器 3 0 に接続されたメモリセル 3 1 を有する。このメモリセル 3 1 は、第 1 及び第 2 の制御線 3 6 A、3 6 B の交差する点に位置されている。これは、好ましくは、図 1 9 B に示されるようなアレイ内にある。この実施の形態では、メモリセル 3 1 は、記憶素子 1 3 2 と、スイッチング素子 1 3 1 と、増幅器 1 3 3 と、を有する。第 1 の制御線 3 6 A は、ここでは、データ線、すなわち記憶素子 1 3 2 に書かれている制御信号を伝達する制御線である。また、第 2 の制御線 3 6 B は、ここでは、新たな (fresh) 制御信号で書かれることになっているアレイ内のメモリセル 3 1 を規定している制御線である。

30

#### 【 0 1 2 4 】

メモリセル 3 1 は、以下のようにして動作される。第 2 の制御線 3 6 B がスイッチング素子 1 3 1 に電圧を与えたとき、この素子 1 3 1 は、閉じる。結果として、第 1 の制御線 3 6 A にある制御信号は、スイッチング素子 1 3 1 を通過して、記憶素子 1 3 2 にロードされる。その後、第 2 の制御線 3 6 B の電圧が取り除かれたとき、スイッチング素子 1 3 1 が開く。記憶素子 1 3 2 は、この例ではキャパシタであり、スイッチング素子 1 3 1 の出力とグランド線との間に結合されている。キャパシタ 1 3 2 は、増幅器 1 3 3 に固有の寄生キャパシタであることができるが、代わって、内部金属 (intermetal) キャパシタ、又は M O S トランジスタのタイプのキャパシタのような他のタイプであってもよい。このタイプの記憶素子 1 3 2 では、制御信号は、増幅器 1 3 3 の入力に継続的に供給される。制御信号は、偏向器 3 0 のスイッチング電極に偏向電圧を与えるように、増幅器 1 3 3 に使用される。1 つの実行では、増幅器 1 3 3 は、インバータを有する。記憶素子 1 3 2 から読み出された制御信号が十分に高い限り、偏向電圧は偏向器のスイッチング電極に

40

50



与えられる。この実行は、記憶素子 1 3 2 から読み出された制御信号が効果的にデジタル化されるという利点を有することがわかる。結果として、増幅器 1 3 3 は、スイッチング電極に偏向電圧を与えるか、偏向電圧を全く与えないかのどちらかである。記憶素子 1 3 2 から出力された制御信号は、漏電によりアナログプロフィールを有してもよいことが気付かれる。

【 0 1 2 5 】

図 2 1 は、代わりの構成における、図 1 9 A に示されるような偏向デバイスの部分の回路図である。このメモリセル 3 0 のスイッチング素子 1 3 1 は、図 2 0 に示される構成でもより大きな回路である。この実施の形態中の記憶素子 1 3 2 は、フリップフロップタイプの素子、SRAM などである。この素子 1 3 2 は、スイッチング素子 1 3 1 によって能動的に読み取られる。図 2 0 の構成のように、メモリセル 3 1 は、制御線 3 6 A 及び 3 6 B の交差するところ（交差点）に与えられる。第 2 の制御線 3 6 B によって与えられる信号は、スイッチング素子 1 3 1 を、記憶素子 1 3 2 に制御信号をロードするためのプログラミングモードにもたすために使用される。制御線 3 6 A によって記憶素子 1 3 2 に与えられる制御信号をロードした後に、スイッチング素子 1 3 1 は、読み取りモードに戻される。この読み取りモードにおいて、制御信号は、増幅器 1 3 3 にほぼ継続的に与えられる。これは、制御線 3 6 A によって得られる制御信号がそのように規定されれば、偏向電圧が、第 1 のブランキング期間中に偏向器に与えられることを確実にする。この実施の形態は、さらに、記憶素子 1 3 2 から読み出された制御信号が効果的にデジタル化され、第 1 のブランキング期間にわたって維持されるという利点を有する。

【 0 1 2 6 】

本発明の一態様によれば、図 1 8 B 並びに図 1 9 B に示されるようなアレイ中の異なる複数の偏向器 3 0 は、異なる方向に偏向させる。この態様は、適切には、図 3 並びに図 4 に示されるように、グループ偏向器アレイ 6 G に与えられる。これは、さらに適切には、小ビームブランカ 6 に与えられる。

【 0 1 2 7 】

グループ偏向器アレイ 6 G 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。

【 0 1 2 8 】

図 2 2 は、本発明によって可能な「後方に」及び「さらに前方に」の偏向の概念を詳細に説明している。図 2 3 は、単一の収束点への偏向のための可能な偏向器の配置を示している。

【 0 1 2 9 】

図 2 2 は、本発明に従うブランカの概略図である。これは、より正確には、ブランカを通して延びた鉛直面での横断面図である。ブランカは、複数のアパーチャを有するブランカアレイ 6 と、ビーム停止アレイ 8 と、を有する。参照のために、ターゲット 1 1 もまた示されている。図は、スケールが合せられていない。明瞭にするために、小ビーム 2 1 a、2 1 b 及び 2 1 c のアパーチャを含むアレイのセクションのみが示される。これら小ビーム 2 1 a、2 1 b、2 1 c は、1 つのグループの部分を形成している。現在のブランカは、各グループの共通の収束点 P に向かって、小ビーム 2 1 a、2 1 b、2 1 c のグループを収束させるための小ビームマニピレータを有するシステムのために意図されている。この共通の収束点 P は、小ビーム 2 1 a、2 1 b、2 1 c のグループの光軸 O 上に位置されている。ビームマニピレータ中のビームを操作した結果として、小ビーム 2 1 a、2 1 c は、収束している。これら小ビーム 2 1 a、2 1 c は、小ビームの光線と前記光軸 O との間に延びた入射角  $\theta$  を有する。破線 2 1 a<sup>-</sup>、2 1 a<sup>+</sup>、2 1 b<sup>+</sup>、2 1 c<sup>-</sup> は、これら小ビームがブランキングアレイ 6 のブランキング偏向器で偏向されたときの、小ビーム 2 1 a、2 1 b、2 1 c の向きを示している。小ビーム 2 1 c は、ここでは、向

き 2 1 c - へと後方に偏向される。この入射角 は、ブランキング偏向器の動作によって減少される。小ビーム 2 1 b は、効果的には、方向 2 1 b + に向かって偏向される。さらに、小ビーム 2 1 b 及び 2 1 c は、少なくともこの図の面で互いに対向方向（逆方向）に偏向される。小ビーム 2 1 a に関して、2 つの偏向方向である、後方への方向 2 1 a - と、さらなる前方への方向 2 1 a + と、が示されている。この例では、さらなる前方方向 2 1 a + は、ビーム停止アレイ 8 を通過するので、適切ではない。しかし、これは、この図 2 2 に示される特定の例の結果である。

【 0 1 3 0 】

図 2 3 は、ブランカアレイ 6 の一実施の形態の概略図である。上述したように、このアレイは、代わって、グループ偏向器アレイ 6 G であることができる。この図は、中心に位置された光軸 O を中心とした個々の偏向器 3 0 の放射状（径方向）の配置を示している。このような向きは、光学系の組合せに最も適しており、ブランカアレイ 6 を通過する全てのグループの小ビームは、光軸 O 上の共通の収束点に収束する。この実施の形態では、個々の偏向器 3 0 の電極 3 2、3 4 は、回転されるので、偏向されたとき、小ビームは、光軸上の収束点に収束する線に沿って導かれる。径方向の線に沿ったこの偏向は、他の小ビームのいかなる妨害やビーム停止を通る偏向された小ビームのいかなる望ましくない通過も防ぐのに有益であることがわかる。小ビーム間の、及び小ビームのグループ間の側方の距離は、小ビームブランカアレイ 6 とビーム停止アレイ 8 との間の垂直距離と比較して小さく、このような妨害や望ましくない通過は、重要であり得る。この図 2 3 は、光軸 O の近傍に偏向器 3 0 のない領域を示唆しているが、これは、実施の形態の必要な特徴部分ではない。

【 0 1 3 1 】

図 2 3 は、偏向器 3 0 が少なくとも 1 つの凹面の電極 3 2、3 4 を有するという本発明のさらなる態様を示している。適切には、この実施の形態でのように、両電極 3 2、3 4 は、凹形状を有する。ここには図示されないが、複数のアパーチャが、電極 3 2、3 4 の間のブランカアレイ 6 を通って延びている。このような凹形状は、円筒状のアパーチャに一致する形状を有する電極 3 2、3 4 をもたらす。この円筒状のアパーチャの形状は、それ自体で、非点収差のような、所定の光学収差の導入を防ぐのに適している。

【 0 1 3 2 】

代わりの実施の形態では、グループ偏向器アレイ 6 G 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、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 6 G 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。

【 0 1 3 3 】

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 6 G と、さらなる成形アパーチャアレイ 1 8 と、を有する。成形アパーチャアレイ 1 8 は、好ましくは、アレイ 4、5、6 G 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

10

20

30

40

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。

#### 【0134】

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。

#### 【0135】

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。

#### 【0136】

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。

#### 【0137】

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。

#### 【0138】

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。

#### 【0139】

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

10

20

30

40

50

。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。

#### 【0140】

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。

#### 【0141】

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。

#### 【0142】

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。

#### 【0143】

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。

#### 【0144】

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。

#### 【0145】

図14並びに図15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2004/232349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

#### 【0146】

図14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4A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4Bに、コリメートされるようにして、コリメータアレイ16の主面上に投影される。第2のアパーチャアレイ4B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、

20

#### 【0147】

図15は、図14の代わりに形態を示しており、これは、2つのコンデンサアレイ(5C及び5)と、2つのコリメータアレイ(15A及び15B)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14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15Bによって続いてコリメート

30

。

#### 【0148】

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16並びに図17に示される。図16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

#### 【0149】

小ビームブランカアレイ6の偏向領域(面積)17は、例えば、図12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12、図12A並びに図12Bのアパーチャアレイ4Aでのようなサブビームアパーチャ、又は図17でのような一体化されたアパーチャアレイ4D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 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 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。

#### 【0150】

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 を示す状面図である。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。

#### 【0151】

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。

#### 【0152】

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。

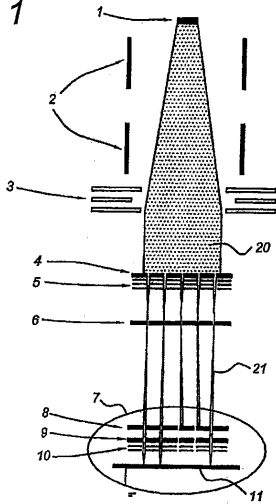
#### 【符号の説明】

#### 【0153】

1 ... 電子源、2 ... 小ビーム、6 ... 小ビームブランカ、7 ... エンドモジュール、9 ... 偏向器アレイ、30 ... 偏向器。31 ... メモリセル、32 ... スwitching 電極、133 ... 増幅器。

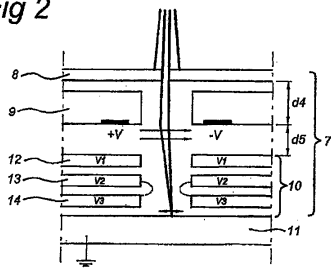
【 図 1 】

図 1 Fig 1



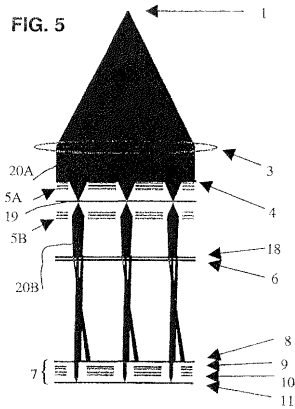
【 図 2 】

図 2 Fig 2



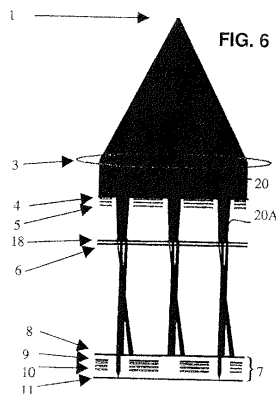
【 図 5 】

図 5



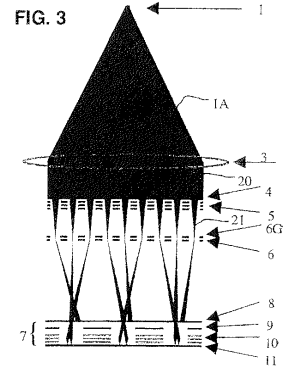
【 図 6 】

図 6



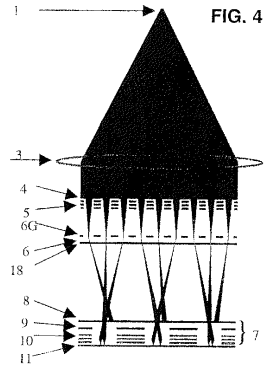
【 図 3 】

図 3



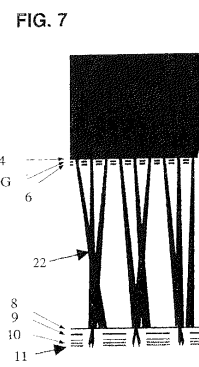
【 図 4 】

図 4



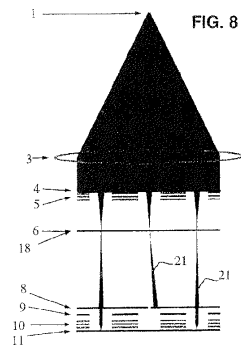
【 図 7 】

図 7



【 図 8 】

図 8



【図9】

図9

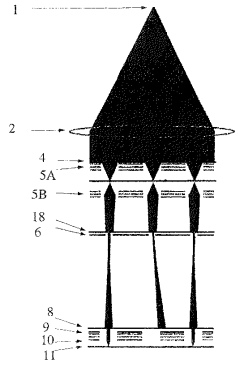


FIG. 9

【図11A】

図11A

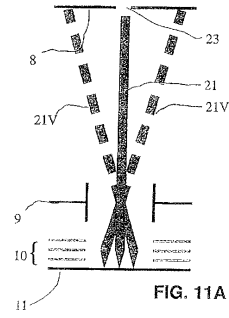


FIG. 11A

【図10】

図10

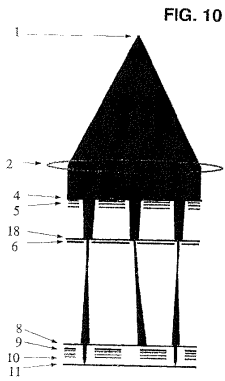


FIG. 10

【図11B】

図11B

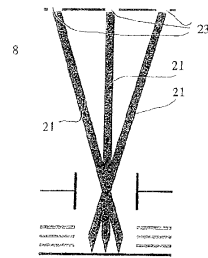


FIG. 11B

【図12】

図12

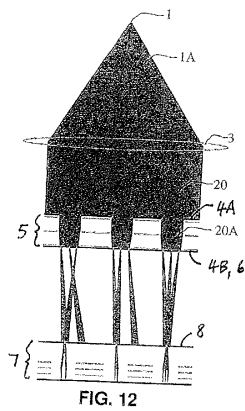


FIG. 12

【図12B】

図12B

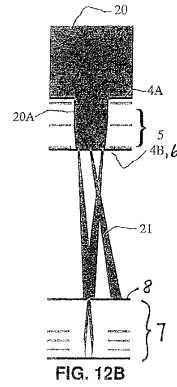


FIG. 12B

【図12A】

図12A

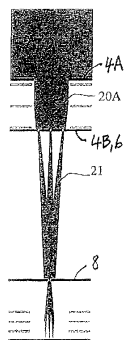


FIG. 12A

【図13A】

図13A

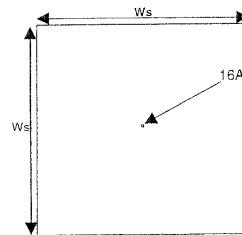


FIG. 13A



【 13 B 】

13 B

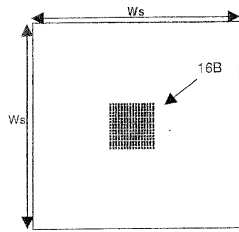


FIG. 13B

【 14 】

14

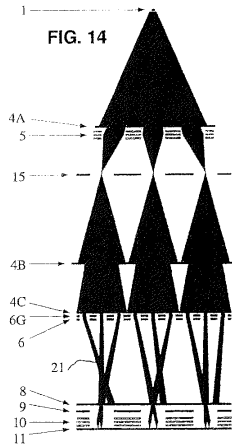


FIG. 14

【 15 】

15

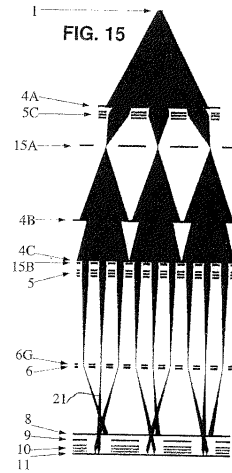


FIG. 15

【 16 】

16

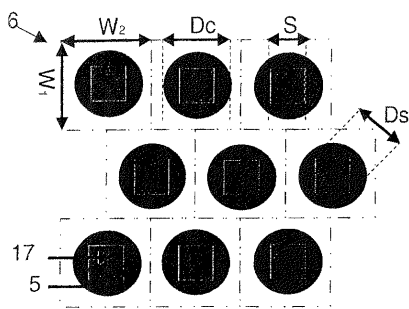


FIG. 16

【 18 A 】

18 A

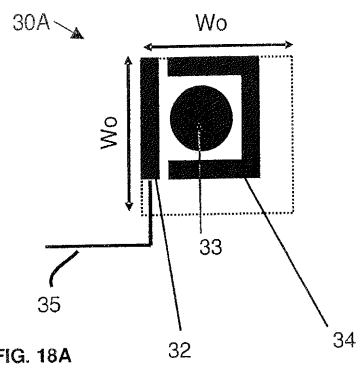


FIG. 18A

【 17 】

17

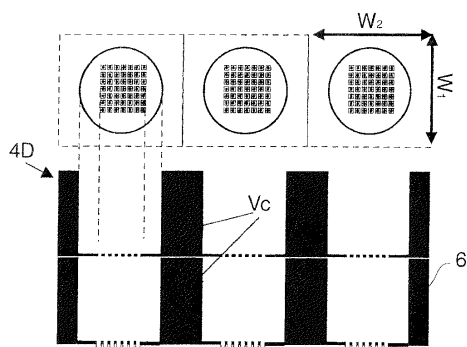


FIG. 17

【 18 B 】

18 B

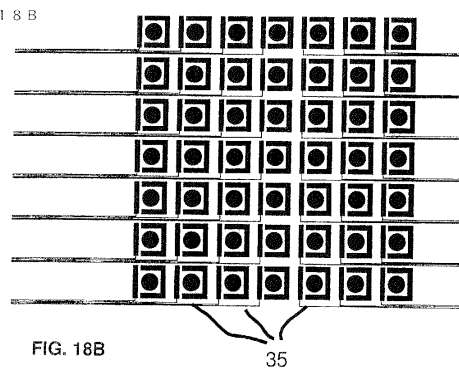


FIG. 18B

【 図 19 A 】

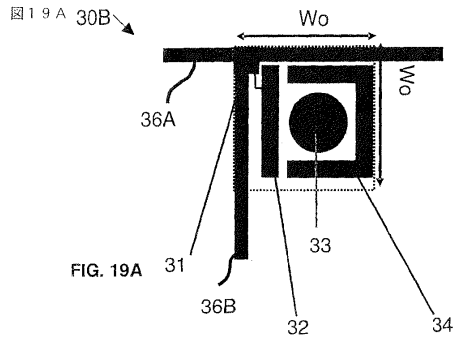


FIG. 19A

【 図 19 B 】

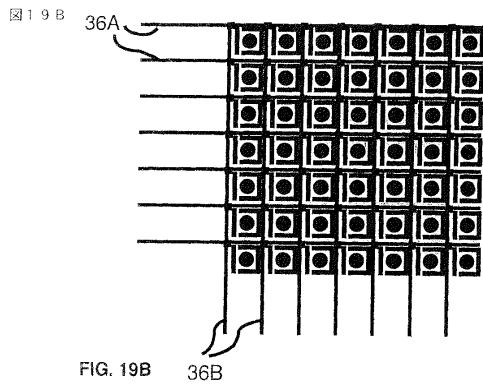


FIG. 19B

【 図 20 】

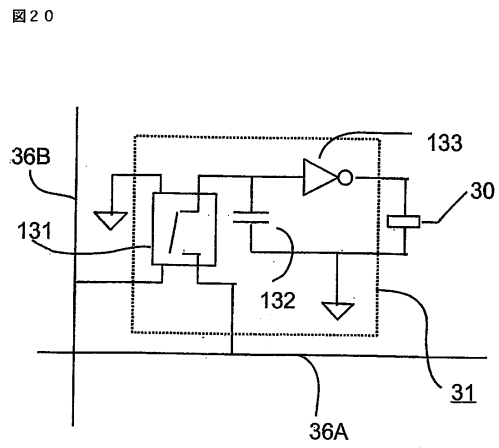


FIG.20

【 図 21 】

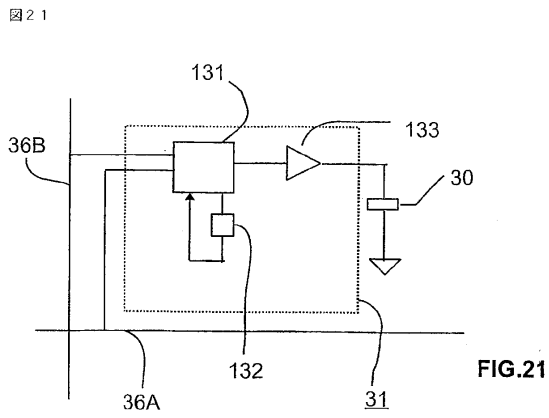


FIG.21

【 図 22 】

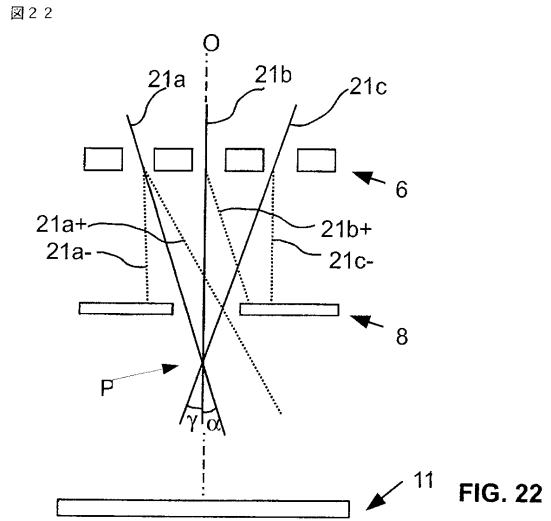



FIG. 22

【 2 3】

 2 3

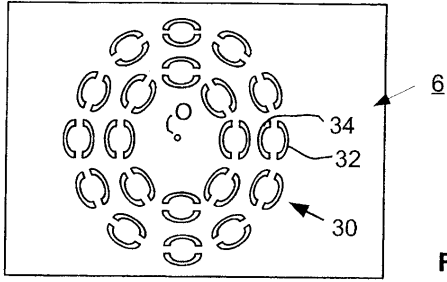


FIG. 23

## フロントページの続き

(74)代理人 100075672

弁理士 峰 隆司

(72)発明者 ヤン・ヤコ・ウィーランド

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 アレクサンダー・ヘンドリック・ピンセント・ファン・フェーン

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 特開平 1 1 - 3 1 7 3 5 7 ( J P , A )

国際公開第 0 1 / 0 3 5 1 6 5 ( W O , A 1 )

特開 2 0 0 4 - 0 4 0 0 7 6 ( J P , A )

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 4 - 2 8 2 0 3 8 ( J P , A )

特開 2 0 0 5 - 1 1 6 7 4 3 ( 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. , DB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