

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6377724号
(P6377724)

(45) 発行日 平成30年8月22日(2018.8.22)

(24) 登録日 平成30年8月3日(2018.8.3)

(51) Int.Cl.	F 1
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 W
G03F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30 5 4 1 B
HO 1 J 37/305 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 0 4
HO 1 J 37/09 (2006.01)	HO 1 J 37/305 B
	HO 1 J 37/09 A

請求項の数 21 (全 27 頁)

(21) 出願番号	特願2016-511103 (P2016-511103)
(86) (22) 出願日	平成26年5月5日(2014.5.5)
(65) 公表番号	特表2016-522572 (P2016-522572A)
(43) 公表日	平成28年7月28日(2016.7.28)
(86) 国際出願番号	PCT/EP2014/059106
(87) 国際公開番号	W02014/177718
(87) 国際公開日	平成26年11月6日(2014.11.6)
審査請求日	平成29年4月17日(2017.4.17)
(31) 優先権主張番号	61/818,919
(32) 優先日	平成25年5月3日(2013.5.3)
(33) 優先権主張国	米国(US)

(73) 特許権者	505152479 マッパー・リソグラフィー・アイピー・ビー・ブイ オランダ国、2628 エックスケー・デルフト、コンピューターラーン 15
(74) 代理人	100108855 弁理士 蔵田 昌俊
(74) 代理人	100103034 弁理士 野河 信久
(74) 代理人	100075672 弁理士 峰 隆司
(74) 代理人	100153051 弁理士 河野 直樹
(74) 代理人	100140176 弁理士 砂川 克

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】ビームグリッドレイアウト

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

1 以上の荷電粒子ビームから複数のサブビームを形成するためのサブビームアパーティアレイであって、

サブビームアパーティアレイは、1 以上のビーム領域を有し、

各ビーム領域は、非規則的な六角形パターンで配置された複数のサブビームアパーティアレイを有し、

前記非規則的な六角形パターンは、各サブビームアパーティアが、その 6 つの隣り合うサブビームアパーティアの全てから等間隔でないよう配列されているという点で非規則的であり、

前記サブビームアパーティアは、第 1 の方向において第 2 の方向に平行なライン上へと投影されたとき、前記サブビームアパーティアが前記ラインに沿って均一に離間されているように配置され、前記第 1 の方向は前記第 2 の方向とは異なる、サブビームアパーティアレイ。

【請求項 2】

前記 1 以上のビーム領域の各々内で、前記サブビームアパーティアは、前記第 2 の方向において規則的に離間された複数の列で配置され、各列の前記サブビームアパーティアは、前記第 2 の方向において、同じ列の各隣接しているサブビームアパーティアから、同じ量だけオフセットされている、請求項 1 に記載のサブビームアパーティアレイ。

【請求項 3】

10

20

各列内でのサブビームアーチャ間の前記オフセットは、一方のビーム領域のサブビームアーチャと他方のビーム領域の対応する列の隣接しているサブビームアーチャとの間のオフセットと同じである、請求項2に記載のサブビームアーチャアレイ。

【請求項4】

単一の列において隣接しているサブビームアーチャの前記オフセットは、前記サブビームアーチャの径の比に等しい、請求項2又は3に記載のサブビームアーチャアレイ。

【請求項5】

前記1以上のビーム領域の各々内で、各列の前記サブビームアーチャは、前記第1の方向において、隣り合う列の前記サブビームアーチャに対して互い違いになっている、10

【請求項6】

他の全ての列の前記サブビームアーチャが、前記第2の方向においてアライメントされている、請求項1ないし5のいずれか1項に記載のサブビームアーチャアレイ。

【請求項7】

前記第2の方向は、前記第1の方向に対してほぼ垂直である、請求項1ないし6のいずれか1項に記載のサブビームアーチャアレイ。

【請求項8】

前記サブビームアーチャアレイは、各ビーム領域内で同じ非規則的な六角形パターンを均一に繰り返す、請求項1ないし7のいずれか1項に記載のサブビームアーチャアレイ。20

【請求項9】

1以上のグループの荷電粒子サブビームから複数の小ビームを形成するための小ビームアーチャアレイであって、

前記1以上のグループの荷電粒子サブビームは、請求項1ないし8のいずれか1項に記載のサブビームアーチャアレイで生成されて、前記小ビームアーチャアレイに投影され、

小ビームアーチャアレイは、複数のグループで配置された複数の小ビームアーチャを有し、前記小ビームアーチャの各グループが1つのサブビームに対応し、前記小ビームアーチャの各グループ内の前記小ビームアーチャの配置が不均衡アレイを形成し、前記不均衡アレイは、行及び列を含むアレイであり、1以上の列が、前記アレイの他の列に対してシフトされている、小ビームアーチャアレイ。

【請求項10】

各グループの前記小ビームアーチャは、平行四辺形状のアレイを形成している、請求項9に記載の小ビームアーチャアレイ。

【請求項11】

各グループの前記小ビームアーチャは、前記グループの小ビームアーチャによって形成されたビームスポットの中心から全てオフセットされている、請求項9又は10に記載の小ビームアーチャアレイ。

【請求項12】

複数の荷電粒子サブ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リソグラフィシステムであって、

荷電粒子ビームを発生させるための荷電粒子発生器と、

請求項1ないし8のいずれか1項に記載のサブビームアーチャアレイと、

前記ターゲットの表面上に前記サブビームを投影するように構成された投影レンズ系とを具備し、

システムは、1以上のグループで配置された複数の小ビームアーチャを有する小ビームアーチャアレイをさらに具備し、前記小ビームアーチャアレイは、前記サブビームを受信して前記小ビームアーチャアレイの前記小ビームアーチャの位置に複数の小ビームを形成するように配置されている、システム。

10

20

30

40

50

【請求項 13】

前記小ビームアーチャアレイは、請求項 9 ないし 11 のいずれか 1 項に記載の小ビームアーチャアレイである、請求項 12 に記載のシステム。

【請求項 14】

前記小ビームアーチャは、第 4 の方向において第 3 の方向に平行なライン上へと投影されたとき、各グループの前記小ビームアーチャが前記ラインに沿って均一に離間されているように配置され、前記第 3 の方向は前記第 4 の方向とは異なる、請求項 12 又は 13 に記載のシステム。

【請求項 15】

前記第 1 の方向は、前記第 3 の方向と同じであり、前記第 2 の方向は、前記第 4 の方向と同じである、請求項 14 に記載のシステム。 10

【請求項 16】

各グループの列内の前記小ビームアーチャが、前記第 4 の方向にアライメントされている、請求項 14 又は 15 に記載のシステム。

【請求項 17】

前記小ビームアーチャアレイの 1 つの行内の隣り合う小ビームアーチャは、前記第 3 の方向に対して均一な量だけ互いにオフセットされている、請求項 12 ないし 16 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 18】

前記オフセットは、前記隣り合う小ビームアーチャ間のピッチの比に等しい、請求項 17 に記載のシステム。 20

【請求項 19】

前記比は、前記行内の小ビームアーチャの数で割った前記隣り合う小ビームアーチャ間の前記ピッチに等しい、請求項 18 に記載のシステム。

【請求項 20】

前記サブビームを前記第 1 の方向に偏向するように配置されたデフレクタと、前記ターゲットを前記第 2 の方向に移動させるための可動ステージとをさらに具備する、請求項 12 ないし 19 のいずれか 1 項に記載のシステム。

【請求項 21】

複数の荷電粒子小ビームを使用してターゲットのフィールドを露光するための方法であつて、前記フィールドは、第 1 の方向の長さと、第 2 の方向の幅とを有し、この方法は、 30

前記荷電粒子小ビームから非規則的な六角形パターンで配置された複数の別個のグループを形成することを含み、前記非規則的な六角形パターンは、各サブビームアーチャが、その 6 つの隣り合うサブビームアーチャの全てから等間隔でないように配置されているという点で非規則的であり、前記グループは、前記フィールドの幅を横切って均等に離間され、

前記ターゲットを前記第 1 の方向に移動させて、各小ビームが前記ターゲットの表面上の描画経路に従うように、前記フィールドの対応するストライプの幅を横切って各グループの小ビームを同時に走査することを含み、

各グループの前記小ビームの前記描画経路は、前記第 1 の方向において均一に離間されている、方法。 40

【発明の詳細な説明】**【技術分野】****【0001】**

本発明は、アーチャアレイ、及びアーチャアレイを使用した荷電粒子リソグラフィシステムに関する。

【背景技術】**【0002】**

荷電粒子リソグラフィの分野では、マルチビームパターン解像デバイスのためのさまざまなアーチャパターンスキームが知られている。例えば、アライによる米国特許第 5 , 50

369, 282号は、パターン解像デバイスとしてプランキングアーチャアレイ（BAA）を使用した電子ビームリソグラフィシステムを開示している。BAAは、多数のアーチャ行を有し、アーチャのイメージが、制御された連続的なモーションで基板のストライプ上を走査される。

【0003】

アライは、露光様式によるBAAのグループのアーチャ行を教示している。基板のストライプは、まず、第1のグループによってもたらされるような全露光量を使用して露光されて、続いて、第2のグループによってもたらされるような基板のストライプによって与えられる近接効果を補正するために露光される。いくつかの実施の形態では、第1のグループ及び第2のグループの対応するアーチャが、電子走査方向や機械走査方向に関連して互いにオフセットされる。さらに、各グループ内で、全ての他の行のアーチャが電子走査方向にアライメントし、全ての行が機械走査方向にアライメントする。

【0004】

ウィーラントによる米国特許出願番号第2011-0073782号は、矩形の4×4アレイで配置された16本のサブビームを発生させるためのアーチャを備えた小ビームプランカアレイを有する電子ビームリソグラフィシステムを開示しており、各サブビームは、矩形の3×3アレイで配置された9本の小ビームに分割される。ウィーラントは、ウェーハが小ビームプランカに対して移動されて小ビームがウェーハの表面上で偏向されたとき、ウェーハの表面の露光を達成するためにこのような小ビームの配置を使用するさまざまな描画戦略を教示している。

10

20

【0005】

他の欠点の中でもとりわけ、アライのシステムは、商用的実現性のための十分なスループットを欠いており、このシステムはウェーハの均一な露光のためのサブビーム又は小ビームの最適な配置を提供しない。したがって、スループット及びウェーハの表面上の描画ビームの分布を改良する代わりのアーチャパターンスキームが必要である。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0006】

【特許文献1】米国特許第5,369,282号

【特許文献2】米国特許出願番号第2011-0073782号

30

【特許文献3】米国特許第6,897,458号

【特許文献4】米国特許第6,958,804号

【特許文献5】米国特許第7,019,908号

【特許文献6】米国特許第7,084,414号

【特許文献7】米国特許第7,129,502号

【特許文献8】米国特許第7,709,815号

【特許文献9】米国特許第7,842,936号

【発明の概要】

【0007】

本発明は、これらの問題に対処することを目的とする。一態様では、本発明は、1以上の荷電粒子ビームから複数のサブビームを形成するためのサブビームアーチャアレイを提供する。サブビームアーチャアレイは、1以上のビーム領域を有し、各ビーム領域は、非規則的な六角形パターンで配置された複数のサブビームアーチャを有し、前記サブビームアーチャは、第1の方向において第2の方向に平行なライン上へと投影されたとき、前記サブビームアーチャが前記ラインに沿って均一に離間されているように配置されており、前記第1の方向は前記第2の方向とは異なる。

40

【0008】

各ビーム領域のサブビームアーチャの非規則的な六角形パターンでは、各アーチャは6つの隣り合うアーチャを有するが、これら6つの隣り合うアーチャは、規則的な六角形の形状で配置されていない。六角形パターンは、アーチャがその6つの隣り合う

50

アパートチャの全てから等間隔でないという点で非規則的であるが、アパートチャアレイは、好ましくは、ビーム領域内の全てのアパートチャが同じ非規則的な六角形パターンで配置されているように、各ビーム領域内で同じ非規則的な六角形パターンを均一に繰り返す。第2の方向に平行なライン上に投影されたときのサブビームアパートチャの均一な間隔は、複数のサブビームがサブビームアパートチャアレイを使用して形成されたとき、均一に離間された描画経路をもたらし、ウェーハなどのターゲットがサブビームアパートチャアレイに対して第2の方向に垂直に移動される。投影されたアパートチャの均一な間隔は、好ましくは、全てのビーム領域において全てのサブビームアパートチャに適用する。好ましい配置は、各サブビームが別個の描画経路を形成することを可能にし、この描画経路は、他のサブビームの描画経路と一致せず、隣接しているサブビームの描画経路と等間隔である。

10

【0009】

サブビームアパートチャアレイの1以上のビーム領域の各々内で、サブビームアパートチャは、第2の方向において規則的に離間された複数の列で配置されることができ、各列のサブビームアパートチャは、第2の方向において、同じ列の各隣接しているサブビームアパートチャから、同じ量だけオフセットされている。さらに、サブビームアパートチャの列は、第1の方向にほぼ延びていることができ、列は、第2の方向において均一な間隔で離間されている。各列内で、隣接しているアパートチャは、均一なオフセットで第2の方向において互いにオフセットされることができる。この均一なオフセットは、第1の方向において第2の方向に平行なライン上へと投影されたとき、均一に離間されたサブビームアパートチャをもたらす。このオフセットはまた、第1の方向に正確には延びていないが第1の方向に對してわずかな角度であるアパートチャの列をもたらす。

20

【0010】

各列内のサブビームアパートチャ間のオフセットは、一方のビーム領域のサブビームアパートチャと他方のビーム領域の対応する列の隣接しているサブビームアパートチャとの間のオフセットと同じであることができる。単一の列において隣接しているサブビームアパートチャのオフセットは、サブビームアパートチャの径の比に等しいことができる。また、1以上のビーム領域の各々内で、各列のサブビームアパートチャは、第1の方向において、隣り合う列のサブビームアパートチャに対して互い違いになっていることができる。隣接している列のアパートチャのこの互い違いは、第2の方向においてアライメントされていないアパートチャをもたらす。一配置では、隣り合う列のサブビームアパートチャは第2の方向においてアライメントされていないが、全ての列のサブビームアパートチャが第2の方向においてアライメントされている。

30

【0011】

サブビームアパートチャアレイでは、第2の方向は、第1の方向に対してほぼ垂直であることができる。第1の方向及び第2の方向は、正確に垂直であることができるが、垂直に近くてもよいし正確に垂直でなくてもよい。これは、小ビームがフィールドを横切って走査される間、例えば、第1の方向へのターゲットの移動を補正するためになされることができる。

【0012】

第2の態様では、本発明は、1以上の荷電粒子サブビームから複数の小ビームを形成するための小ビームアパートチャアレイを提供する。小ビームアパートチャアレイは、1以上のグループで配置された複数の小ビームアパートチャを有し、小ビームアパートチャは、第4の方向において第3の方向に平行なライン上へと投影されたとき、各グループの前記サブビームアパートチャが前記ラインに沿って均一に離間されているように配置され、前記第3の方向は前記第4の方向とは異なる。小ビームは、单一の荷電粒子サブビームから、又はマルチ分離サブビームから形成されることができ、各グループの小ビームアパートチャは、小ビームアパートチャアレイ上に投影される個々の荷電粒子サブビームと一致する。サブビームは、上に及びここに説明されるような個々のサブビームアレイによって形成されることがある。

40

【0013】

50

第3の方向に平行な線上に投影されたときの小ビームアーチャの均一な間隔は、複数の小ビームが小ビームアーチャアレイを使用して形成されたときに均一に離間された描画経路をもたらし、小ビームは第3の方向に垂直なウェーハなどのターゲットを横切って走査される。投影されたアーチャの均一な間隔は、好ましくは、各グループで小ビームアーチャの全てに適用される。好ましい配置は、各小ビームが離れた描画経路を形成することを可能にし、他の小ビームの描画経路と一致せず、隣接している小ビームの描画経路と等間隔である。

【0014】

小ビームアーチャは、行及び列で配置されることができ、小ビームアーチャアレイの1つの行内の各小ビームアーチャは、前記行において隣接している小ビームアーチャから第3の方向に均一にオフセットされている。小ビームアーチャアレイでは、第4の方向は、第3の方向に対してほぼ垂直であることができる。第3の方向及び第4の方向は、正確に垂直であることができるが、垂直に近くてもよいし正確に垂直でなくてもよい。これは、小ビームがフィールドを横切って走査される間、例えば、第1の方向へのターゲットの移動を補正するためになれることがある。各グループの列内の小ビームアーチャは、第4の方向にアライメントされることができる。

【0015】

他の態様では、本発明は、1以上の荷電粒子サブビームから複数の小ビームを形成するための小ビームアーチャアレイを提供し、小ビームアーチチャアレイは、1以上のグループで配置された複数の小ビームアーチチャを有し、各グループがサブビームに対応し、各グループ内の中ビームアーチチャの配置が不均衡アレイを形成している。

【0016】

小ビームアーチチャアレイの1つの行内の隣り合う小ビームアーチチャは、第3の方向に対して均一な量だけ互いにオフセットすることができます。オフセットは、隣り合う小ビームアーチチャ間のピッチの比に等しいことができる。この比は、行内の小ビームアーチチャの数で割った隣り合う小ビームアーチチャ間のピッチに等しいことができる。小ビームアーチチャアレイの各グループの小ビームアーチチャは、斜めの矩形アレイの形態で配置することができる。

【0017】

各グループの小ビームアーチチャは、グループの小ビームアーチチャによって形成されたビームスポットの中心から全てオフセットすることができます。ビームスポット内に配置された49個の小ビームアーチチャを含む小ビームアーチチャアレイでは、各小ビームアーチチャは、アーチチャの数と関連付けられることができ、ビームスポットの中心からの各ビームアーチチャのX方向のオフセットは、式 $app_{xoffset} = \text{int}[(\text{アーチチャの数}-1)/7] - 3) * \text{ピッチ}$ で定義され、ここでintは床関数である。ビームスポットの中心からの各小ビームアーチチャのY方向のオフセットは、式 $app_{yoffset} = (-\text{ピッチ}/2) + [(6 - [(\text{アーチチャの数}-1) \bmod 7] + \text{int}(\text{アーチチャの数}/29) - 3) * \text{ピッチ}] - [(\text{ピッチ}/7) * (\text{int}[(\text{アーチチャの数}-1)/7]) - 3)]$ で定義され、ここでintは床関数である。

【0018】

他の態様では、本発明は、複数の荷電粒子サブ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リソグラフィシステムを提供する。システムは、荷電粒子を発生させるための荷電粒子発生器と、上述のようなサブビームアーチチャアレイとを具備し、サブビームアーチチャアレイは、ここでは、前記荷電粒子ビームを受信して前記サブビームアレイの前記アーチチャの位置に複数のサブビームを形成するように配置され、また、システムは、前記ターゲットの表面上に前記サブビームを投影するように構成された投影レンズ系を有する。

【0019】

荷電粒子リソグラフィシステムは、さらに、前記サブビームを前記第1の方向に偏向するように配置されたデフレクタを有することができ、さらに、前記ターゲットを前記第2の方向に移動させるための可動ステージを有することができる。第1の方向は、複数のサ

10

20

30

40

50

ビームの走査方向に対応することができ、第2の方向は、ターゲットの機械走査方向に対応することができる。

【0020】

荷電粒子リソグラフィシステムはまた、上で説明されるような小ビームアーチャアレイを有することができ、ここでは、小ビームアーチャアレイは、サブビームを受け、小ビームアレイの小ビームアーチャの位置に複数の小ビームを形成するように配置されている。（サブビームアレイに対する）第1の方向は、（小ビームアレイに対する）第3の方向と同じであることができ、（サブビームアレイに対する）第2の方向は、（小ビームアレイに対する）第4の方向と同じであることができる。

【0021】

他の態様では、本発明は、複数の荷電粒子小ビームを使用してターゲットのフィールドを露光するための方法を提供し、前記フィールドは、第1の方向の長さと、第2の方向の幅とを有する。この方法は、前記荷電粒子小ビームから複数の別個のグループを形成することを含み、前記グループは、前記フィールドの幅を横切って均等に離間され、また、この方法は、前記ターゲットを前記第1の方向に移動させて、各小ビームが前記ターゲットの表面上の描画経路に従うように、前記フィールドの対応するストライプの幅を横切って各グループの小ビームを同時に走査することを含み、各グループの前記小ビームの前記描画経路は、第1の方向において均一に離間されている。各グループの小ビームは、フィールドの単一のストライプに割り当てられ、ターゲットが移動されるのにしたがってフィールドの幅を横切って偏向される。小ビームの個々のグループの描画幅はほぼオーバーラップしない（スイッチングが2つのストライプ間の境界で行われるところで描画のオーバーラップがある）。同様に、各グループに対する個々の小ビームの描画は、第1の方向において均一に離間されている。

【0022】

第1の方向は、第2の方向に対してほぼ垂直であることができる。第1の方向及び第2の方向は、互いに正確に垂直であることができるが、垂直に近くてもよいし正確に垂直でなくてもよい。これは、小ビームがフィールドを横切って走査される間、例えば、第1の方向へのターゲットの移動を補正するためになされることがある。

【0023】

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考してさらに説明される。

30

【図面の簡単な説明】

【0024】

【図1】図1は、荷電粒子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方から見た簡略化した概略図である。

【図3】図3は、投影レンズごとのマルチ小ビームの概念を示す概念的な図である。

【図4】図4は、フィールドに分けられたウェーハの一例を示す図である。

【図5】図5は、ウェーハのフィールドを描画するためのサブビーム描画経路の配置を示す概略図である。

40

【図6】図6は、電子光学スリットを形成するためのサブビームの配置を示す概略図である。

【図7】図7は、電子光学スリットのためのサブビームの傾いた六角形配置の一部を示す概略図である。

【図8A】図8Aは、さまざまなレベルでのサブビームアーチャアレイを詳細に示す図である。

【図8B】図8Bは、さまざまなレベルでのサブビームアーチャアレイを詳細に示す図である。

【図8C】図8Cは、さまざまなレベルでのサブビームアーチャアレイを詳細に示す図である。

50

【図 9 A】図 9 A は、サブビームと小ビームとの間の関係を示す図である。

【図 9 B】図 9 B は、サブビームと小ビームとの間の関係を示す図である。

【図 10 A】図 10 A は、小ビームアーチャグループを示す図である。

【図 10 B】図 10 B は、小ビームアーチャグループを示す図である。

【図 11 A】図 11 A は、ウェーハのフィールドのストライプを描画するための小ビーム描画経路の配置を示す図である。

【図 11 B】図 11 B は、フィールドのストライプを描画するための小ビームの配置を示す図である。

【図 12 A】図 12 A は、ウェーハ基板に投影された小ビームアーチャグループ及び小ビームを示す図である。
10

【図 12 B】図 12 B は、ウェーハ基板に投影された小ビームアーチャグループ及び小ビームを示す図である。

【図 13 A】図 13 A は、ウェーハ基板上に投影された小ビームを示す図である。

【図 13 B】図 13 B は、ウェーハ基板上に投影された小ビームを示す図である。

【図 14】図 14 は、小ビーム走査ラインを示す概略図である。

【図 15 A】図 15 A は、2つのアーチャパターニングスキーム間のオーバースキャンの違いを示す図である。

【図 15 B】図 15 B は、2つのアーチャパターニングスキーム間のオーバースキャンの違いを示す図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

以下は、単なる例によって図面を参照して与えられる、本発明のさまざまな実施の形態の説明である。さらに、特記しない限り、図面のスケールは合わせられていない。

【0026】

この説明では、以下の定義が使用される。

【0027】

不均衡アレイ：少なくとも1つの行と列との少なくとも一方を含むアレイ又は行列であり、アレイ又は行列の他の行又は列とは異なる数の要素を有し、サブセットの不均衡アレイは「シフトされた」列を含むアレイを含み、パターニングスキームは、アレイの他の列に対して1以上の列をシフトする。
30

【0028】

オフセット：アーチャ、ビームスポット又は他の対象のフィーチャと、他の対象又は他の特徴点の対応するフィーチャとの間の間隔である。間隔は、（例えば、垂直な）機械走査方向と電子走査方向との少なくとも一方に対するものであることができる。例えば、アーチャのフィーチャは、アーチャの中間点及びセンターラインを含む。

【0029】

互い違い：ジグザグ又は他のミスマーティメントパターンで配置された対象。

【0030】

列：グループの要素のもう1つのアライメントと比較してY軸、すなわち機械走査方向から最も少ない偏向でアライメントしているサブグループの要素。
40

【0031】

行：グループの要素のもう1つのアライメントと比較してX軸、すなわち電子走査方向から最も少ない偏向でアライメントしているサブグループの要素。

【0032】

対応するビーム：アーチャ、投影レンズ又はデフレクタを通過するように配置されたビーム又はグループのビーム。対応するビームは、アーチャ、投影レンズ又はデフレクタに関して、1対1、1対多数、又は多数対1の関係を有することができる。

【0033】

サブビーム：アーチチャアレイによって投影された荷電粒子ビームであり、小ビームとして知られた複数のビームにさらに分割される。
50

【0034】

図1は、全ての電子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7,019,908号、第7,084,414号、第7,129,502号、第7,709,815号及び第7,842,936号に記載されており、これらは全て本発明の所有権者に譲渡されており、これら全ての内容が参照としてここに組み込まれる。

【0035】

図1は、さらに、複数のサブビームから複数の小ビームを形成する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を示している。電子源1は、均質な拡大する電子ビーム20を生成する。ビームエネルギーは、好ましくは、約1ないし10keVの範囲で比較的低く維持される。

10

【0036】

電子源1からの電子ビーム20は、コリメートされた電子ビーム21を生成するためにコリメータレンズ3を通過し、コリメートされた電子ビーム21がサブビームアーチャアレイ4に衝突する。アーチャアレイ4は、ビームの一部を遮断し、複数のサブビーム22を放出する。システムは、例えば10,000本ないし1,000,000本の小ビームである多数のサブビーム22を発生させる。

【0037】

20

サブビームは、コンデンサレンズアレイ5を通過し、コンデンサレンズアレイ5は、ビーム停止アレイ8の平面でビーム停止アレイ8の対応する開口に向かってサブビームをおおよそ合焦する。原理的には、各サブビームは、ビーム停止アレイ8の対応する開口か、対応する投影レンズ系の有効レンズ平面で合焦することができる。原理的には、これら2点間のどこかでサブビームを合焦することが好ましい。これにより、アーチャアレイ4によってターゲット11上に描画がなされる。

【0038】

コンデンサレンズアレイは、電子光学の分野で当業者に周知であるような、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含むことができる。

【0039】

30

サブビーム22は、(すなわち対応する)各サブビームの経路にある多数のアーチャを含むマルチアーチャアレイ6で遮られ、マルチアーチャアレイ6が各サブビーム22からグループの小ビーム23を生成する。サブビームから形成されたグループの小ビームもまた、ビーム停止アレイ8の平面でおおよそ合焦され、各グループの小ビームがビーム停止アレイ8の対応する開口に向けられる。

【0040】

そして、これら小ビーム23は、小ビームプランカアレイ7を通過する。プランキングされた小ビームはビーム停止アレイ8で遮断され、一方、各グループのプランキングされなかった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、続いて、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。図1に示される例では、アーチチャアレイ6は、各サブビーム22から3つの小ビーム23からなるグループを生成する。グループの小ビームは、ビームプランカアレイ7で偏向されなければ、対応する開口でビーム停止アレイ8にぶつかり、この結果、3つの小ビームが投影レンズ系10によってターゲット上に投影される。実際には、非常に多くの小ビームが各投影レンズ系10に対して生成されることができる。実際の実施の形態では、50本程度の小ビームが単一の投影レンズ系を通って向けられることができ、これは200以上に増加されてもよい。

40

【0041】

小ビームプランカアレイ7は、これらをプランキングするために、所定の時にグループの小ビームの個々の小ビーム23を偏向することができる。これは、図1に左側のサブビーム22によって示され、真ん中の小ビーム23が開口の近くでないビーム停止アレイ8

50

上の位置に偏向されて、この結果、小ビームがプランキングされる。真ん中のサブビーム 2 2 では、右側の小ビーム 2 3 が偏向されてプランキングされ、右側のサブビーム 2 2 では、いずれの小ビームも偏向もプランキングもされない。

【 0 0 4 2 】

続いて、電子小ビーム 2 3 は、エンドモジュールに入る。エンドモジュールは、挿入可能で交換可能なユニットとして構成されることができ、さまざまな構成要素又は個々の構成要素の別個の組合せを含むことができる。エンドモジュールは、ビーム停止アレイ 8 と、ビームデフレクタアレイ 9 と、投影レンズ構成体 1 0 とを含む。エンドモジュールは、他の機能の中でもとりわけ、約 2 5 ないし 5 0 0 倍の縮小を与える。さらに、エンドモジュールは、小ビーム 2 3 を偏向するように構成されることがある。エンドモジュールを出た後、小ビーム 2 3 は、ターゲット平面に位置されたターゲット 1 1 の表面上に衝突する。リソグラフィアプリケーションに関して、ターゲットは、通常、荷電粒子感知層又はレジスト層が設けられたウェーハを含む。10

【 0 0 4 3 】

エンドモジュールでは、電子小ビーム 2 3 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、小ビームの開口角度を決定する。一実施の形態では、ビーム停止アレイ 8 のアパー・チャは丸く、ほぼ均一な開口角度の小ビームをもたらす。

【 0 0 4 4 】

ビーム停止アレイ 8 の通路は、小ビームプランカアレイ 7 の要素とアライメントされることがある。そして、小ビームプランカアレイ 7 及びビーム停止アレイ 8 は、以下のようにして小ビーム 2 3 を遮断するか通過させるために協働する。小ビームプランカアレイ 7 が小ビームを偏向したならば、小ビームはビーム停止アレイ 8 の対応するアパー・チャを通過しない。代わって、小ビームはビーム停止アレイ 8 の基板によって遮断される。しかしながら、小ビームプランカアレイ 7 が小ビームを偏向しなかったならば、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 2 3 が有効にスイッチオン及びオフができる。20

【 0 0 4 5 】

次に、小ビーム 2 3 がビームデフレクタアレイ 9 を通過し、ビームデフレクタアレイ 9 は、偏向されなかった小ビーム 2 3 の方向に対してほぼ垂直な方向への各小ビーム 2 3 の偏向を与える。次に、小ビーム 2 3 が投影レンズ構成体 1 0 を通過して、ターゲット平面に位置された、代表的にはウェーハである露光されるターゲット 1 1 上に投影される。30

【 0 0 4 6 】

図 2 は、エンドモジュールの一実施の形態をより詳細に示しており、ビーム停止アレイ 8 と、偏向アレイ 9 と、投影レンズ構成体 1 0 とを示し、ターゲット 1 1 上に電子小ビームを投影している。小ビーム 2 3 は、ターゲット 1 1 上に投影され、好ましくは、径約 1 0 ないし 3 0 ナノメートルの幾何学的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 1 0 は、約 1 0 0 ないし 5 0 0 倍の縮小を与えることができる。図 2 の実施の形態では、小ビーム 2 3 の中央部分が、まず、ビーム停止アレイ 8 を通過する（小ビームプランカアレイ 7 で偏向されなかったと仮定している）。そして、小ビームが、ターゲット 1 1 の表面を横切って小ビームを走査するために、ビーム偏向アレイ 9 の偏向系を形成しているデフレクタ又は連続して配置された 1 組のデフレクタを通過する。小ビーム 2 3 は、続いて、投影レンズ構成体 1 0 の電子光学系を通過し、最終的にターゲット平面のターゲット 1 1 に衝突する。40

【 0 0 4 7 】

図 2 に示されるエンドモジュールの一実施の形態の投影レンズ構成体 1 0 は、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 1 2 、 1 3 、 1 4 を有する。プレート 1 2 、 1 3 、 1 4 は、好ましくは、これらに形成されたアパー・チャを備えたプレート又は基板を含む。アパー・チャは、好ましくは、プレートを貫通している丸い孔として形成されるが、他の形状もまた使用されることがある。一実施の形態50

では、プレートは、シリコン、又は半導体チップ産業で周知のプロセス工程を使用して加工された他の半導体で形成されている。アーチャは、慣例的には、周知技術のリソグラフィ及びエッティングを使用してプレートに形成されることがある。

【0048】

これらプレートには、電極を形成するために導電性コーティングが施されることがある。導電性自然酸化物の金属は、周知技術を使用してプレート上に堆積された、モリブデンなどの電極に対して使用されることがある。電圧が、各ア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ことがある。各電極は、電極全体に対して単一の制御電圧で制御される。従って、3つの電極がある図2に示される実施の形態では、全てのレンズに対して3つの電圧のみがある。

10

【0049】

3つの制御電圧V1、V2、V3が、多数の電子小ビーム23を合焦し縮小する均一な静電レンズのアレイを生成する。静電レンズの特性は、3つの制御電圧によって制御され、この結果、全ての小ビームの合焦及び縮小の量がこれら3つの電圧を制御することによって制御されることがある。このようにして、単一の共通制御信号が非常に多くの電子小ビームを縮小し合焦するための静電レンズのアレイ全体を制御するために使用されることがある。共通の制御信号が、各プレートに対して、又は2以上のプレート間の1つの電圧差として与えられることがある。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く、共通制御信号の数もまた変わってよい。

【0050】

電圧V1、V2、V3は、第2のプレートと第3のプレート(13、14)間の電圧差が第1のプレートと第2のプレート(12、13)間の電圧差よりも大きいように設定されることがある。これは、プレート13、14間に形成されるより強いレンズをもたらし、この結果、各投影レンズ系の有効レンズ面は、レンズ開口のプレート13、14間の曲がったハッチング線で図2に示されるように、プレート13、14間に位置される。これは、ターゲットに近い有効レンズ面を配置し、投影レンズ系がより短い焦点長さを有することを可能にする。さらに、簡略化のために、図2の小ビームが、デフレクタ9から、小ビーム23の合焦をより正確に示すものとして、例えば、光線追跡図として、合焦して示され、レンズ系10の正確なレンズ面がプレート13、14の間にあることを示すことが注意される。

20

【0051】

図2はまた、左から右への小ビームの偏向として図2に示される、Y方向における偏向アレイ9による小ビーム23の偏向を示している。図2の実施の形態では、偏向アレイ9のアーチャは、1以上の小ビームが通過するものとして示され、電極がアーチャの反対側に設けられ、電極には電圧+V及び-Vが与えられる。電極を超える電位差を与えることは、アーチャを通過する小ビームの偏向を引き起こす。電圧(又は電圧の符号)の劇的な変化は、(1又は複数の)小ビームが走査方法において掃引されることを可能にする。同様に、偏向はまた、小ビームの伝搬の方向に対して垂直な異なる方向に、例えば紙が出入りする方向に行われることができる。

30

【0052】

図3は、複数の投影レンズにつきマルチ小ビームを使用した、基礎となる上述の洞察を図示するための、エンドモジュールの小ビームの経路を概略的に示す図である。

40

【0053】

図3は、投影レンズ系につき3つの小ビームを含むシステムを示し、各小ビームが別個の点から発して異なる角度で投影レンズ系を通過する。単一の投影レンズ系を通るマルチ小ビームのアプリケーションは、収差量を乱さないことが可能であると思われる。これは、特に、リソグラフィシステムにある全ての小ビームが多数の投影レンズ系にわたって割り当てられている場合である。

【0054】

デフレクタアレイ9の上方のマルチアーチャプレート6は、描かれているような複数

50

のアパーチャ 24 を有することができ、すなわち、ビーム停止アレイ 8 の開口と関連付けられた単一のレンズ系に対応するマルチ小ビーム 23 を受けるようにパターニングされた開口を有することができる。実際の設計では、ビーム角度が図 3 に示されるよりもかなり小さいことに注意する。図 3 に示される比較的大きなビーム角度は、本発明を明確にするために示されているにすぎない。

【 0 0 5 5 】

各投影レンズ系に向けられた複数の小ビームの一部又は全部が動作中所定の時にある点でブランкиングされることができるので、上述の原理を含むシステムが、この説明では、パターニングされた小ビームシステムとして参照されることができる。このようなパターニングされた小ビームシステムはまた、並んで配置された複数の最小描画システムとみなされることができる。10

【 0 0 5 6 】

図 1 に戻ると、制御ユニット 140 が、例えばウェーハである露光されるターゲット 11 を支持するために配置された基板支持部材、すなわち（ウェーハ）ステージ 16 の移動をさせるように構成されている。この移動は、この説明では、第 1 の方向、又は Y 方向、又は機械走査方向への移動としてさまざまに参照される。Y 方向の移動は、通常、基板支持部材の機械移動によって達成されるが、システムの残りの部分の移動、小ビームの偏向、又は上述の技術の組合せによっても達成されることがある。

【 0 0 5 7 】

さらに、パターニングされた小ビームは、デフレクタアレイ 9 によってターゲット 11 の表面を横切って走査される。小ビームのこの移動は、第 2 の方向に行われ、第 2 の方向は第 1 の方向とは異なる。この第 2 の方向は、この説明では、第 2 の方向、又は X 方向、又は偏向走査方向としてさまざまに参照される。本発明の一実施の形態では、第 1 の方向は、第 2 の方向に対してほぼ垂直、すなわち、以下で説明されるように、垂直に近いが正確に垂直ではない。第 2 の方向への小ビームの移動は、一般的に、繰り返し移動であり、すなわち、小ビームが、開始位置から終了位置まで所定の間隔にわたって走査されて再び開始位置に戻るように移動されることに注意する。したがって、第 2 の方向への小ビームの移動は、所定の周期で行われることができる。20

【 0 0 5 8 】

既に述べられたように、リソグラフィアプリケーションに関して、ターゲットは、通常、荷電粒子感知層又はレジスト層が設けられたウェーハを有する。最近の産業の標準は 300 mm のウェーハであるが、450 mm のウェーハを収容する新しいシステムが既に設計されている。ウェーハは、代表的には、26 mm × 33 mm の最大寸法で固定サイズフィールドに分割されるが、他のサイズフィールドもまた使用されることがある。各フィールドは、マルチ集積回路を製造するために処理される（すなわち、マルチチップ用のレイアウトが单一のフィールドに描画されることができる）ことができるが、I C は通常フィールド境界を横切らない。26 mm × 33 mm の最大サイズに関して、単一の標準の 300 mm のウェーハに利用可能な 63 のフィールドがある。より小さなフィールドが可能であり、より小さなフィールドはウェーハ当たりのより多くのフィールドをもたらす。30

【 0 0 5 9 】

図 4 は、多数のフィールド 27 に分割されたウェーハ 26、及びフィールドの描画する方向 30 を示している。例えば、フィールド全体を部分的なフィールドに描画し、ウェーハのエッジでウェーハ境界を横切ることによって、部分的な（完全でない）フィールドを描画することが可能である。図 4 は正確にスケールを合わせて描かれていないことに注意する。40

【 0 0 6 0 】

リソグラフィマシンの一実施の形態では、マシンは 13, 260 本のサブビームを発生し、各サブビームが 7 × 7 の不均衡アレイで配置された 49 本の小ビームに分割され、649, 740 本（すなわち、13, 260 × 49 本）の小ビームをもたらす。13, 260 本のサブビームのうち 260 本のサブビームが、冗長走査のために、すなわち、欠陥の50

ある小ビームを置き換えるために各フィールドの第2の走査中に使用されることができる。他の実施の形態はまた、2つの走査を横切ってウェーハにぶつかる小ビームの全体の熱負荷を分け、走査ごとのアクティブなサブビームの数を減らすことによって各走査に必要とされるデータ経路容量を減らすために、第1の走査のためにサブセットのサブビームを使用し、ウェーハの同じ領域の第2の走査のためにサブビームの他の（異なる）サブセットのサブビームを使用することが可能である。同様にして、サブビームは、ウェーハの同じ領域の3以上の走査にわたって3以上のサブセットで使用されることができる。

【0061】

この配置が図1のマシンに適用されたとき、アパー・チャアレイ4は13,260個の孔を含み、アパー・チャアレイ6及び小ビームプランカアレイ7は、649,740個の孔を含み、これらは、 26×26 mmの領域（すなわち、ウェーハ上に投影されるような小ビームの完全なアレイのサイズ）で電子光学（EO）スリットを形成する。49本の小ビームを含む各サブビームは、Y方向において各フィールドで単一のストライプを描画するために使用されることがある。

【0062】

図5は、ウェーハ26のフィールド27を描画するためのサブビームの配置の一例を示している。この配置では、単一のサブビーム510（例えば、図1のサブビームアパー・チャアレイ4によって形成されるサブビーム22）が、フィールド27のストライプ28を描画するために使用される。この実施の形態では、各サブビームは、ストライプの幅を横切ってX方向に走査され、一方、ウェーハ26は、Y方向に移動され、これにより、各ストライプ28は、フィールド27の長さ27Bに沿った描画経路511に沿って露光される。この例では、サブビーム（例えば、全部で13,260本のサブビームのうち13,000本のサブビーム）がX方向においてフィールドの幅27Aにわたって（例えば26mmにわたって）均一に分配される描画経路511で配置され、（Y方向に対してほぼ垂直な）X方向の幅28A（例えば2μm）のストライプと、Y方向のフィールドと同じ長さのストライプ長（例えば図4の例では33mm）をもたらす。

【0063】

図6は、均等に離間された描画経路を形成するように配置された、EOスリット29を形成するためのサブビーム510の配置を示しており、描画経路はフィールド27の幅27Aを横切って均一に分配されている。ウェーハ26がY方向に移動されるのにしたがって、アレイの各サブビーム510がウェーハの表面上でストライプ28の長さに沿って描画経路511をトレースする。これは、フィールド幅27A（例えば26mm）に等しい描画幅29Aを有するEOスリット29をもたらす。図6は、図示の簡便化のために225本のサブビームの矩形アレイを示しているが、好ましい実施の形態では、以下で説明されるように、非常に多くのサブビームが非矩形配置で使用される。EOスリットのサブビームの配置、及び各サブビーム内のマルチ小ビームの配置は、本発明の重要な要素であり、以下で詳細に説明される。

【0064】

ウェーハは、好ましくは、図4に示されるように、Y方向の前後の両方でリソグラフィマシンによって描画される（露光される）。簡便化のために、図面は互いに垂直なX方向及びY方向を示している。しかしながら、いくつかの実施の形態では、2つの方向が（正確にではないが）ほぼ垂直である。この実施の形態では、X方向がわずかに傾いているので、X方向に描画するためのサブビームの移動（走査）がY方向のターゲットの同時の相対移動で調整され、これにより、サブビームのための露光走査ラインの終わりがサブビームのための走査ラインの始まりとほぼ同じウェーハのY方向位置となる。傾きの量は、X方向のサブビームの偏向走査中の、すなわち、X方向の単一の走査ラインの露光中のY方向の移動量によって決まる。あるいは、偏向走査中のY方向のターゲットの相対移動は、Y方向の小さな構成要素を含むために、（例えばビーム偏向アレイ9で）サブビームの偏向走査を取り決めることによって考慮されることができる。この場合には、X方向及びY方向は、互いに（正確に）垂直であることができる。

10

20

30

40

50

【0065】

フィールド27の幅が電子光学(EO)スリット29の幅29A(すなわち、ウェーハ上に投影されるようなサブビームの完全なアレイのサイズ)よりも小さく(例えば、26mmの最大サイズよりも小さく)選択されたとき、より多くのフィールドがウェーハ上に置かれることができるが、全てのサブビームがウェーハに描画するために使用されない。EOスリットは、全てのフィールドを描画するためにしばしばウェーハを横切る必要があり、全体のスループットは減少する。それ故、EOスリット29は、好ましくは、フィールド27の幅と一致する描画幅29Aを有する。

【0066】

EOスリット29のサブビーム510の配置は、アパーチャアレイ(例えば、図1のシステムのアパーチャアレイ4)のアパーチャのパターンによって決定され、これはサブビームを形成する(が、サブビームの偏向及び他の操作もまたターゲット11の表面でのサブビームの配置に影響する)。アパーチャアレイパターンを設計するとき、2つの関連する考慮事項は、アパーチャ密度と相互のビームの影響である。規則的な六角形のグリッドパターンのアパーチャ(各アパーチャは6つの隣接しているアパーチャから等間隔である)を配置することは、全ての隣り合うアパーチャから等間隔にある全てのアパーチャにより、比較的低く一貫した相互のビームの影響で高いアパーチャ密度を可能にする。しかしながら、規則的な六角形配置は、均一に離間されていない描画経路をもたらす。

10

【0067】

図7は、電子光学スリット29のサブビーム510の対応する配置を形成するためのアパーチャアレイのアパーチャの六角形配置の一部を示す図である。サブビーム510及びアパーチャは、6つの隣り合うアパーチャから等間隔にある各アパーチャをもつ規則的な六角形パターン(参照符号512によって示される規則的な六角形)で配置されており、パターンはY方向に対して浅い角度513だけ傾いている。この結果のアパーチャパターンは、例えば、ウェーハがY方向に移動されたとき、ウェーハ上に平行な描画経路を形成する列に沿ったサブビームをもたらす。例えば、アパーチャアレイの列515A、515Bに沿って配置されたサブビーム510によって形成された描画経路511が図7に示される。

20

【0068】

アパーチャアレイは、各列の隣接しているサブビームの描画経路511が、所望の間隔だけ、例えば、ストライプ幅28Aだけ離れているように選択された角度513だけ傾いていることができる。例えば、アパーチャアレイの列514Aに沿って配置された全てのサブビーム510は、等間隔だけ離れた描画経路511Aを有し、列514Bに沿った全てのサブビーム510は、等間隔だけ離れた描画経路511Bを有する。所望の結果は、全てのサブビーム501の全ての描画経路511がEOスリット29の幅29Aを横切って均一に分配されることであり、すなわち、各描画経路が隣接している描画経路から等間隔にある。

30

【0069】

しかしながら、規則的な六角形パターンの幾何配置により、隣接している列のサブビームの隣接している描画経路の離れている間隔は、全てのサブビームに対して均一でない。例えば、図7では、列514Aのサブビーム510Aの描画経路及び列514Bのサブビーム510Bの描画経路は、列514Aのサブビームの描画経路間の間隔とは異なる間隔515Aだけ離れていることができる。アレイの傾き角度513は、列514Aのサブビームの描画間隔と同じ間隔515Aをなすために調整されることがあるが、列514Bのサブビーム510Bの描画経路と列514Cのサブビーム510Cの描画経路との間の間隔515Bは、列514Aのサブビームの描画経路間隔とは異なる。さらに、例えば、図8Aないし図8Cの実施の形態に示されるように、非ビーム領域で分離されたマルチビーム領域を有するアパーチャの配置に関して、隣接しているビーム領域からのサブビームの描画経路は、単一のビーム領域内の同じ列のサブビームに対してとは異なる分離間隔を有することができる。

40

50

【 0 0 7 0 】

隣接している描画経路間のこれらの非均一な間隔は、E Oスリット29の幅29Aを横切るサブビームの非均一な分布をもたらす。これは、補正されない限り、ウェーハフィールドの非均一な露光をもたらすが、サブビームの非均一な分布の補正是、より複雑でより制御が難しいリソグラフィシステムをもたらしうる。アパートチャの代わりの配置が、この問題を克服するために以下に説明される。

【 0 0 7 1 】

図8Aないし図8Cは、さまざまなレベルでのサブビームアパートチャアレイにおけるアパートチャの配置を詳細に示す図である。図8Aは、サブビームアパートチャアレイ4全体の5つのビーム領域500を示す簡略化した図である。この実施の形態では、ビーム領域500は、アパートチャのない非ビーム領域501で分離され、これにより、分離したビーム領域は、区別されたアパートチャのグループを形成し、各ビーム領域500は、非ビーム領域501によって遮られたアパートチャの規則的なパターンを有する。図8Bは、単一のビーム領域500を示す拡大図である。図8Cはまた、2つのビーム領域500間の空間的関係を示す拡大図である。

10

【 0 0 7 2 】

ビーム領域は、文字P、Q、R、S、Tによって示されることができる。この実施の形態は5つのビーム領域を含むが、5つよりも多く、あるいは少ないビーム領域を含んでもよく、単一のビーム領域のみを含んでもよい。いくつかの実施の形態では、各ビーム領域500は、ビーム領域500のアパートチャ520で図8Bに示されるように、204列×13行のアパートチャを含む。各ビーム領域内で、行が文字AからMで示されることが可能、各列が数字1から204で示されることができる。したがって、各サブビームアパートチャは、ビーム領域の文字、行の文字及び列の数字で示されることができる。例えば、< T > < M > < 1 >は、図8A及び図8Cの上の最も左のサブビームアパートチャである。

20

【 0 0 7 3 】

ビーム領域500の全てのアパートチャは、好ましくは、これは、X方向に平行な直線上に投影されたときに全て均一に離間されるように分配され、すなわち、この直線上に投影されたとき、全ての隣接しているアパートチャの間が等間隔である。この配置により、Y方向に移動された（又は一般的には、ウェーハ及びサブビームが互いに相対的に移動する）とき、ウェーハの表面を横切って均一に分配された等しく離間された描画経路でサブビーム510（各アパートチャ520で発生されたサブビーム）が形成される。一実施の形態では、1組のビーム領域500のアパートチャ520は、サブビーム510のアレイを形成するように配置され、したがって、ウェーハ26のフィールドの幅27Aを横切って均一に分配された等しく離間された描画経路511であるE Oスリット29を形成している。ウェーハ26がY方向に移動されたとき、アレイの各サブビーム510は、ウェーハの表面上のストライプ28の長さに沿って描画経路511をトレースする。これは、フィールド幅27A（例えば26mm）に等しい描画幅29Aを有するE Oスリット29をもたらす。

30

【 0 0 7 4 】

いくつかの実施の形態では、隣り合うビーム領域の同じ数の列にある行Aのアパートチャ及び行Mのアパートチャのセンターラインは、図8Cに示されるように、Y方向において例えば4.225mmである同じ間隔506を有する。例えば、X方向のセンターラインにおけるT-A204とS-M204との間のY方向の間隔は、4.225mmである。さらに、いくつかの実施の形態では、同じ数字の列にある隣り合うビーム領域アパートチャは、Y'方向に対して例えば2μmである同じ量505だけオフセットされる。例えば、S-M1は、T-A1から2μmだけオフセットされることができる。4.225mm及び2μmに加えて他のオフセット値が本発明の範囲内にある。例えば、同じ数字の列内のアパートチャのオフセット505は、アパートチャの径の比であることができる。

40

【 0 0 7 5 】

いくつかの実施の形態では、アパートチャ520の径は変わり、他では一定である。いく

50

つかの実施の形態では、最小の径は約 $2.7\mu\text{m}$ である。均一なサイズのアーチャ及び他の径サイズが本発明の範囲内にある。

【0076】

図9Aは、図示目的のためにビーム領域500の1つから円形又は橢円形領域530内で囲まれて示された、アーチャ520の、図8Bに関する拡大図である。アーチャ520は、非規則的な六角形パターンで配置され、X方向と平行なライン29A上に投影されたときにアーチャが均一に離間されるように分配されている。この配置により、Y方向に移動された（又は一般的には、ウェーハ及びサブビームが互いに相対的に移動する）とき、ウェーハの表面上に均一に分配された等しく離間された描画経路でサブビーム510（各アーチャ520で発生されたサブビーム）が形成される。1つのビーム領域500のアーチャの小さな一部分のみが示されるが、この配置は、好ましくは、各ビーム領域の全てのアーチャを横切って再現される。10

【0077】

いくつかの実施の形態では、アーチャ520は、Y方向に向けられた複数の列で配置され、隣接している列は、X方向に固定ピッチで規則的に離間されている。アーチャアレイの全ての列のアーチャ520は、X方向にアライメントすることができ、固定ピッチ（例えば、いくつかの実施の形態では、 $260\mu\text{m}$ に等しいアーチャL202、L204間の間隔521）を有する。いくつかの実施の形態では、アーチャアレイの隣接している列のアーチャは、Y方向に固定量（例えば、いくつかの実施の形態では、 $75\mu\text{m}$ に等しいアーチャM202、M203間の間隔522）だけ互い違いになっており、均一なアーチャ列のピッチ（例えば、いくつかの実施の形態では、 $150\mu\text{m}$ に等しいM202、L202間のピッチ523）を有する。したがって、図9Aに示される実施の形態では、アーチャL203は、アーチャL202、L204間のX方向の中間点（例えば $130\mu\text{m}$ ）で、アーチャM202、L202間のY方向の中間点（例えば $75\mu\text{m}$ ）に位置されている。20

【0078】

さらにまた、いくつかの実施の形態では、ビーム領域の同じ数の列内の隣り合うアーチチャは、均一な量（例えば、いくつかの実施の形態では $2\mu\text{m}$ に等しいオフセット525）だけX方向にオフセットされている。すなわち、図9Aに示される実施の形態では、アーチチャK203、L203は $2\mu\text{m}$ だけオフセットされており、アーチチャK203、M203はX方向に $4\mu\text{m}$ だけオフセットされている。他のピッチ及びオフセット値が本発明の範囲内にある。いくつかの実施の形態では、ビーム領域500の同じ列内の隣り合うアーチチャ間のX方向の均一なオフセット525は、非ビーム領域の両側にある異なるビーム領域の隣り合うアーチチャ間のオフセット505と同じである。例えば、図8Cに示される実施の形態では、アーチチャS-M1は、X方向のアーチチャT-A1とT-B1との間のオフセットと同じ量だけ（例えば $2\mu\text{m}$ だけ）X方向においてアーチチャT-A1からオフセットができる。30

【0079】

図9Aに見られるように、アーチチャパターンは六角形パターンである。しかしながら、パターンは規則的な六角形ではなく、各列においてアーチチャ間にオフセット又は斜め配置を有する。むしろ、上に説明されるように、アーチチャはY方向において互い違いになっており、この実施の形態では、全ての他の列でX方向においてアライメントしている。規則的な六角形グリッドパターンは所望の特性を有するが、上で説明したように、重要なトレードオフを含む。40

【0080】

本発明の一態様は、例えば上に説明されるような斜めの、すなわちオフセットされた六角形パターンがアーチチャ密度及び相互のビームの影響に関する規則的な六角形パターンの多くの利益を得るが、描画経路の均一な間隔を維持し、傾いた規則的な六角形パターンの他の欠点を避けるか最小にするという洞察に基づいている。

【0081】

図9Bは、マルチアパーチャアレイ6の一部を示す図である。円形ノ槽円径620は、図9Aに示されるアパーチャ520によって発生されるグループのサブビーム510がマルチアパーチャアレイ6上に投影されるところであるアパーチャアレイ6の領域を囲んでいる。各サブビーム510は、ビームスポット621上に投影され、マルチアパーチャアレイ6にあるグループの小ビームアパーチャ620を含む。いくつかの実施の形態では、サブビーム510によって形成されたビームスポット621は、サブビームアパーチャ520と同様の間隔を維持する。

【0082】

図10Aは、図9Bに対する拡大図であり、1つのサブビーム510から形成された1つのグループの小ビームアパーチャ620を示している。各グループの小ビームアパーチャ620は、ビームスポット621を形成している。十字マーク710は、ビームスポット621の中心点を示している。いくつかの実施の形態では、小ビームアパーチャ620には、1から49までの数字が付される。したがって、各小ビームアパーチャ620は、上に説明されるように、そのアパーチャの数字及び対応するビーム領域の文字、行の文字、及び列の数字によって識別₁₀されることができる。いくつかの実施の形態では、小ビームアパーチャは、約2.7μmの径を有することができる。

【0083】

図10Aに示される実施の形態では、小ビームアパーチャ620は、矩形アレイで配置され、アパーチャは、列において同じ数のアパーチャをもつ行及び列で配置されている。他の配置もまた使用することができるが、円形のビームスポット内にアパーチャ620をコンパクトに配置することが好ましい。₂₀ 図示される実施の形態の一態様は、不均衡アレイパターンでアパーチャを配置している。図10Aに示されることができるよう、アレイの全ての行が同じ数のアパーチャを含まない。したがって、これは、不均衡アレイの一例である。不均衡アレイもまた、1以上の「シフトされた」列を有するものとして特徴付けられることができ、パターニングスキームは、アレイの他の列に対して1以上の列をシフトする。例えば、図10Aでは、右側の3つの列が左側の4つの列に対して1行だけ上方にシフトされている。アパーチャ620は、(図10Aに示されるような)Y方向、又はX方向、又は他の方向に続く列においてアライメント₂₀されることができる。

【0084】

本発明のさらなる態様は、アレイを斜めにし、(図10AのX方向に対して所定の角度で、例えば、アパーチャ1、8、15、22、30、37、44によって形成された行である)斜めの行を与えるために、アパーチャの列内にオフセットしているアパーチャを含む。特に、Y方向において隣り合うアパーチャ620間の行間(intra-row)オフセット625は、図10Bに示されるように、X方向の行内で隣り合うアパーチャ間のピッチ624の比に等しいことができる。図10Bは、図10Aに対する拡大図であり、4つの隣り合う小ビームアパーチャ620のサブグループを示している。

【0085】

いくつかの実施の形態では、行間オフセット625は、行内のアパーチャの数で割られた隣り合う列の小ビームアパーチャ620間のピッチ624に等しい。これにより、グループ/ビームスポット621内の全てのアパーチャ620が、Y方向に平行なライン上に投影されたときに等しく離間される。この配置により、均一に離間された描画経路611で小ビーム(例えば、各アパーチャ620で発生された小ビーム610)が形成され、グループの小ビーム621が(例えば、小ビームの偏向走査によって)X方向に移動されたときにウェーハの表面上に均等に分配される。例えば、図10Aの小ビームアパーチャ620の大部分は7つのアパーチャの斜めの行を形成している。したがって、行内の隣り合うアパーチャ間のオフセット625は、8μmの行ピッチ624に対して約1.143μmであり、すなわち、行当たり8μm/7のアパーチャ1.143μmである。

【0086】

配置の他の態様は、小ビームアパーチャ620のグループがビームスポット621の中心点710からオフセットされるようにアレイをパターニングすることを含む。各ビーム

10

20

30

40

50

スポット内に配置された49個のアーチャを含む実施の形態では、各アーチャは、アーチャの数と関連付けられることができ、ビームスポットの中心からの各アーチャのオフセットが以下の式で定義されることができる。

```
app_xoffset=(int[(num-1)/7])-3)*ピッチ
app_yoffset=(-ピッチ/2)+[(6-[num-1]mod 7)+int(num/29)-3)*ピッチ]
-[(ピッチ/7)*(int[(num-1)/7])-3)]
```

ここで、 $app_{xoffset}$ 及び $app_{yoffset}$ は中心点 710 からの X 軸及び Y 軸のオフセットを表し、num はアーチャの数を表し、int[] は 0 を含む最大整数の実数をマッピングした床関数である。

【0087】

10

図 10A 並びに図 10B は、一実施の形態のみを示している。不均衡アレイの代わりの配置、他のアーチャの数、行及び列のピッチ及び行間オフセット値が本発明の範囲内にある。

【0088】

図 11A は、ウェーハのフィールド 27 のストライプ 28 を描画するための小ビーム描画経路 611 を示す図である。この実施の形態では、小ビーム 610 のマルチグループ 621 が与えられ、各グループの小ビームがフィールド 27 の 1 つのストライプ 28 を描画するために割り当てられる。一実施の形態では、各小ビームグループ 621 は、単一のサブビーム 510 から形成され、サブビームは、図 5 に示されるような描画経路 511 で配置されている。したがって、この配置では、マルチサブビーム 510 が、一方向に（例えば、フィールド 27 の幅を横切る X 方向に）均一に離間されて分配された描画経路 511 で配置され、サブビーム 510 の各々から形成されたマルチ小ビーム 610 が、異なる方向に（例えば、フィールド 27 の長さに沿った Y 方向に）均一に離間されて分配された描画経路 611 で配置されている。これら 2 つの方向は、好ましくは、互いに正確に垂直であるか、垂直に近い。

20

【0089】

30

この配置は、サブビームを実際に形成することなく使用されることが注目されるべきである。小ビーム 610 のグループが単一のアーチャアレイで形成されることができ、グループは、一方向に（例えば、フィールド 27 の幅を横切る X 方向に）均一に離間されて分配されたビームスポット 621 を形成する。各グループ / ビームスポット 621 のマルチ小ビーム 610 は、異なる方向に（例えば、フィールド 27 の長さに沿った Y 方向に）均一に離間されて分配された描画経路 611 で配置され、これら 2 つの方向は、好ましくは、互いに正確に垂直であるか、垂直に近い。

【0090】

図 11B は、図 11A に示される描画スキームに適した、図 10A で示されるアーチャの配置によって発生されることができる小ビーム 610 の配置を示す図である。小ビーム 610 は、グループの小ビームがウェーハを横切って X 方向に走査されたとき、均一な間隔 625 で描画経路 611 を形成するように配置されている。描画経路 611 は、Y 方向においてビームスポット幅 610A を横切って均一に分配されている。

40

【0091】

図 12A は、ビーム停止アレイのところでの小ビームのクロスオーバーを示す簡略化した図である。特に、図 12A は、マルチアーチャアレイ 6 の一部分 6a と、ビーム停止アレイ 8 の一部分 8a と、ウェーハの一部分 111a とを示している。各ケースにおいて、一部分 6a、8a、111a は、図 10A に示されるような小ビームグループに対応している。

【0092】

さらに説明するために、小ビームグループが、マルチアーチャアレイの一部分 6a からビーム停止アレイの一部分 8a に向かって投影される。小ビームグループは、ビーム停止アレイの一部分のところで、又はその近くで交差（クロスオーバー）する。このクロスオーバーは、ウェーハ 111a 上に投影される進行したイメージをもたらす。

50

【0093】

図12Bは、小ビームグループの進行を詳細に示している。左側には、グループの小ビーム610が、マルチアパーチャアレイの一部分6aを出るものとして示されている。小ビーム610は、図10Aに示されるのと同様にして数字が付されるが、数字1、7、43、49のみが明確化のために示されている。さらに、小ビームの数字1には、進行を明確にするために斜線が引かれている。

【0094】

右側には、グループの小ビーム610'が、ウェーハの一部分11a上に投影されるものとして示されている。2つのグループの小ビーム610、610'が示され、例えば、小ビームの数字1、7、43、49が、図12Bに付されていない他の小ビームに沿って、異なる位置に進行される。

10

【0095】

図13Aは、図12Bに対する拡大図であり、ウェーハ上に投影された小ビーム610'のグループを示している。図13Bは、さらなる拡大図であり、4つの隣り合う小ビーム610'のサブグループを示している。合焦及び縮小のおかげで、列及び行のピッチは、図10Aに示されるマルチアパーチャアレイの一部分の列及び行のピッチに対してかなり小さくすることができます。例えば、いくつかの実施の形態では、行内の隣り合う小ビーム間のオフセットは、73.5nmの行及び列のピッチに対して10.5nmである。

【0096】

以下にさらに説明されるように、本発明の1つの利点は、オーバースキャンを最小化することである。図14は、サブビーム又は小ビームのオーバースキャンセクションを含む、ビーム又は小ビームの走査ラインを示す概略図である。ビームデフレクタアレイ（例えば、図1のビームデフレクタアレイ9）は、（AからBへの）走査位相及び（BからCへの）フライバック位相を含む偏向信号を発生する。走査位相中、偏向信号は、（サブビームに対応する）グループの小ビームを移動し、各ビームは、それ自身の走査ライン及び走査領域を有する。走査位相の後、フライバック位相が始まり、小ビームがスイッチオフされ、偏向信号が次の走査位相が始まる位置に戻るように素早く小ビームを移動させる。

20

【0097】

走査ラインは、走査位相中のウェーハの表面上のサブビーム又は小ビームの経路である。走査ライン（図14の右側参照）は、スタートオーバースキャンセクション、パターンセクション及びエンドオーバースキャンセクションである3つのセクションに分けられる。オーバースキャンセクションでは、小ビームは、代表的にはスイッチオフされる。パターンセクションでは、小ビームは、ウェーハフィールドで描画するために必要とされる特徴に従ってスイッチオンされる。オーバースキャンセクション及びパターンセクションの両方に対する走査ラインピットフレームのピットは、ビームプランカアレイに転送されるデータを表している。オーバースキャンセクションのピット／ピクセルは、データ経路のバンド幅を消耗し、ウェーハ処理時間を増加させる。

30

【0098】

それ故、オーバースキャンを最小にするためにアパーチャプレートのアパーチャを配置することが望ましい。本発明の実施の形態は、図15A並びに図15Bに見られることができるように、この問題を最小にする。

40

【0099】

図15A並びに図15Bは、2つのグループの小ビーム及びこれらのそれぞれのオーバースキャン長を示す図である。小ビームグループ1100は、本発明の一実施の形態でマルチアパーチャアレイによって投影される。小ビームグループ1120は、回転するバラシンドアレイを有する代わりのマルチアパーチャアレイによって投影される。小ビームグループ1100、1120の両方が、ウェーハのセクション上に投影されるものとして示される。両小ビームグループは、同数の小ビームを有しており、同じ充填率を有し8μmの列及び行のピッチを有するマルチアパーチャアレイによって投影される。

【0100】

50

図14に説明されるように、走査ラインビットフレームは、スタートオーバースキャンセクション及びエンドオーバースキャンセクションである2つのオーバースキャンセクションを含む。いくつかの描画スキームに関して、これらのセクションのビット長は、小ビームグループのX軸幅に比例する。小ビームグループ1120は、小ビームグループ1100よりも63nm幅が広い。小ビームグループ1120に対する走査ラインごとのオーバースキャンは、小ビームグループ1100に対する1.041μmと比較して1.104μmである。さらに、小ビームグループ1100のスループット性能は、小ビームグループ1120よりも少なくとも2%高い。

【0101】

図面は特定のリソグラフィシステムを示しているが、サブビームアレイ4及びマルチアパー・チャアレイ6は、アレイの上流側及び下流側のさまざまな形態において有益である。
アレイ4、6は、平行な、又は垂直な描画戦略で実行されることができる。さらに、小ビームは、個々に、又はグループで合焦されることができる。

【0102】

したがって、これらの実施の形態はさまざまな変更を受け、代わりの形態が本発明の意図及び範囲から逸脱することなく当業者に周知であることが理解される。したがって、特定の実施の形態が記載されてきたが、これらは単なる例であり、添付の特許請求の範囲に規定される本発明の範囲を限定するものではない。

以下に、出願当初の特許請求の範囲に記載の事項を、そのまま、付記しておく。

[1] 複数の荷電粒子サブ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リソグラフィシステムであって、荷電粒子ビームを発生させるための荷電粒子発生器と、1以上のビーム領域を有するサブビームアパー・チャアレイとを具備し、各ビーム領域は、複数のサブビームアパー・チャを有し、前記サブビームアパー・チャアレイは、前記荷電粒子ビームを受信して前記サブビームアパー・チャの位置に複数のサブブームを形成するように配置され、前記ターゲットの表面上に前記サブビームを投影するように構成された投影レンズ系を具備し、前記サブビームアパー・チャは、第1の方向において第2の方向に平行な線上へと投影されたとき、前記サブビームアパー・チャが前記ラインに沿って均一に離間されているように配置された非規則的な六角形パターンで配置され、前記第1の方向は前記第2の方向とは異なり、システムは、1以上のグループで配置された複数の小ビームアパー・チャを有する小ビームアパー・チャアレイをさらに具備し、前記小ビームアパー・チャアレイは、前記サブビームを受信して前記小ビームアレイの前記小ビームアパー・チャの位置に複数の小ビームを形成するように配置されているシステム。

[2] 前記1以上のビーム領域の各々内で、前記サブビームアパー・チャは、前記第2の方向において規則的に離間された複数の列で配置され、各列の前記サブビームアパー・チャは、前記第2の方向において、同じ列の各隣接しているサブビームアパー・チャから、同じ量だけオフセットされている[1]に記載のシステム。

[3] 各列内でのサブビームアパー・チャ間の前記オフセットは、一方のビーム領域のサブビームアパー・チャと他方のビーム領域の対応する列の隣接しているサブビームアパー・チャとの間のオフセットと同じである[2]に記載のシステム。

[4] 単一の列において隣接しているサブビームアパー・チャの前記オフセットは、前記サブビームアパー・チャの径の比に等しい[1]ないし[3]のいずれか1に記載のシステム。

[5] 前記1以上のビーム領域の各々内で、各列の前記サブビームアパー・チャは、前記第1の方向において、隣り合う列の前記サブビームアパー・チャに対して互い違いになっている[1]ないし[4]のいずれか1に記載のシステム。

[6] 他の全ての列の前記サブビームアパー・チャが、前記第2の方向においてアライメントされている[1]ないし[5]のいずれか1に記載のシステム。

[7] 前記第2の方向は、前記第1の方向に対してほぼ垂直である[1]ないし[6]のいずれか1に記載のシステム。

[8] 各グループの小ビームアパー・チャは、前記小ビームアパー・チャアレイ上に投影され

10

20

30

40

50

る個々の荷電粒子サブビームと一致する [1] ないし [7] のいずれか 1 に記載のシステム。

[9] 前記小ビームアーチャは、第 4 の方向において第 3 の方向に平行なライン上へと投影されたとき、各グループの前記サブビームアーチャが前記ラインに沿って均一に離間されているように配置され、前記第 3 の方向は前記第 4 の方向とは異なる [1] ないし [8] のいずれか 1 に記載のシステム。

[10] 前記第 1 の方向は、前記第 3 の方向と同じであり、前記第 2 の方向は、前記第 4 の方向と同じである [9] に記載のシステム。

[11] 前記小ビームアーチャは、行及び列で配置され、前記小ビームアーチャアレイの 1 つの行内の各小ビームアーチャは、前記行において隣接している小ビームアーチャから前記第 3 の方向に均一にオフセットされている [9] 又は [10] に記載のシステム。
10

[12] 前記第 4 の方向は、前記第 3 の方向に対してほぼ垂直である [9] ないし [11] のいずれか 1 に記載のシステム。

[13] 各グループの列内の前記小ビームアーチャが、前記第 4 の方向にアライメントされている [9] ないし [12] のいずれか 1 に記載のシステム。

[14] 前記小ビームアーチャは、複数のグループで配置され、各グループがサブビームに対応し、各グループ内の前記小ビームアーチャの配置が不均衡アレイを形成している [1] ないし [13] のいずれか 1 に記載のシステム。

[15] 前記小ビームアーチャアレイの 1 つの行内の隣り合う小ビームアーチャは、前記第 3 の方向に対して均一な量だけ互いにオフセットされている [14] に記載のシステム。
20

[16] 前記オフセットは、前記隣り合う小ビームアーチャ間のピッチの比に等しい [15] に記載のシステム。

[17] 前記比は、前記行内の小ビームアーチャの数で割った前記隣り合う小ビームアーチャ間の前記ピッチに等しい [16] に記載のシステム。

[18] 各グループの前記小ビームアーチャは、斜めの矩形アレイを形成している [1] ないし [17] のいずれか 1 に記載のシステム。

[19] 各グループの前記小ビームアーチャは、前記グループの小ビームアーチャによって形成されたビームスポットの中心から全てオフセットされている [1] ないし [18] のいずれか 1 に記載のシステム。
30

[20] 49 個の小ビームアーチャが前記ビームスポット内に配置され、各小ビームアーチャがアーチャの数と関連付けられ、前記ビームスポットの中心からの各小ビームアーチャの X 方向のオフセットが、式 $app_{x_offset} = (\text{int}[(\text{アーチャの数}-1)/7]-3) * \text{ピッチ}$ で定義され、ここで int は床関数である [19] に記載のシステム。

[21] 前記ビームスポットの中心からの各小ビームアーチャの Y 方向のオフセットが、式 $app_{y_offset} = (-\text{ピッチ}/2) + [(6 - [(\text{アーチャの数}-1)\bmod 7]) + \text{int}(\text{アーチャの数}/29) - 3] * \text{ピッチ} - [(\text{ピッチ}/7) * (\text{int}[(\text{アーチャの数}-1)/7]) - 3]$ で定義され、ここで int は床関数である [19] 又は [20] に記載のシステム。

[22] 前記サブビームを前記第 1 の方向に偏向するように配置されたデフレクタをさらに具備する [1] ないし [21] のいずれか 1 に記載のシステム。
40

[23] 前記ターゲットを前記第 2 の方向に移動させるための可動ステージをさらに具備する [1] ないし [22] のいずれか 1 に記載のシステム。

[24] 1 以上の荷電粒子ビームから複数のサブビームを形成するためのサブビームアーチャアレイであって、サブビームアーチャアレイは、1 以上のビーム領域を有し、各ビーム領域は、非規則的な六角形パターンで配置された複数のサブビームアーチャを有し、前記サブビームアーチャは、第 1 の方向において第 2 の方向に平行なライン上へと投影されたとき、前記サブビームアーチャが前記ラインに沿って均一に離間されているように配置され、前記第 1 の方向は前記第 2 の方向とは異なるサブビームアーチャアレイ。
50

[25] 前記 1 以上のビーム領域の各々内で、前記サブビームアーチャは、前記第 2 の方向において規則的に離間された複数の列で配置され、各列の前記サブビームアーチャは、前記第 2 の方向において、同じ列の各隣接しているサブビームアーチャから、同じ量だけオフセットされている [24] に記載のサブビームアーチャアレイ。

[26] 各列内のサブビームアーチャ間の前記オフセットは、一方のビーム領域のサブビームアーチャと他方のビーム領域の対応する列の隣接しているサブビームアーチャとの間のオフセットと同じである [25] に記載のサブビームアーチャアレイ。

[27] 単一の列において隣接しているサブビームアーチャの前記オフセットは、前記サブビームアーチャの径の比に等しい [24] ないし [26] のいずれか 1 に記載のサブビームアーチャアレイ。

[28] 前記 1 以上のビーム領域の各々内で、各列の前記サブビームアーチャは、前記第 1 の方向において、隣り合う列の前記サブビームアーチャに対して互い違いになっている [24] ないし [27] のいずれか 1 に記載のサブビームアーチャアレイ。

[28] 他の全ての列の前記サブビームアーチャが、前記第 2 の方向においてアライメントされている [24] ないし [28] のいずれか 1 に記載のサブビームアーチャアレイ。

[30] 前記第 2 の方向は、前記第 1 の方向に対してほぼ垂直である [24] ないし [29] のいずれか 1 に記載のサブビームアーチャアレイ。

[31] 1 以上の荷電粒子サブビームから複数の小ビームを形成するための小ビームアーチャアレイであって、小ビームアーチャアレイは、1 以上のグループで配置された複数の小ビームアーチャを有し、前記小ビームアーチャは、第 4 の方向において第 3 の方向に平行なライン上へと投影されたとき、各グループの前記サブビームアーチャが前記ラインに沿って均一に離間されているように配置され、前記第 3 の方向は前記第 4 の方向とは異なる小ビームアーチャアレイ。

[32] 各グループの小ビームアーチャは、前記小ビームアーチャアレイ上に投影される個々の荷電粒子サブビームと一致する [31] に記載の小ビームアーチャアレイ。

[33] 前記小ビームアーチャは、行及び列で配置され、前記小ビームアーチャアレイの 1 つの行内の各小ビームアーチャは、前記行において隣接している小ビームアーチャから前記第 3 の方向に均一にオフセットされている [31] 又は [32] に記載の小ビームアーチャアレイ。

[34] 前記第 4 の方向は、前記第 3 の方向に対してほぼ垂直である [31] ないし [33] のいずれか 1 に記載の小ビームアーチャアレイ。

[35] 各グループの列内の前記小ビームアーチャが、前記第 4 の方向にアライメントされている [31] ないし [34] のいずれか 1 に記載の小ビームアーチャアレイ。

[36] 1 以上の荷電粒子サブビームから複数の小ビームを形成するための小ビームアーチャアレイであって、小ビームアーチャアレイは、1 以上のグループで配置された複数の小ビームアーチャを有し、各グループがサブビームに対応し、各グループ内の前記小ビームアーチャの配置が不均衡アレイを形成している小ビームアーチャアレイ。

[37] 前記小ビームアーチャアレイの 1 つの行内の隣り合う小ビームアーチャは、前記第 3 の方向に対して均一な量だけ互いにオフセットされている [36] に記載の小ビームアーチャアレイ。

[38] 前記オフセットは、前記隣り合う小ビームアーチャ間のピッチの比に等しい [37] に記載の小ビームアーチャアレイ。

[39] 前記比は、前記行内の小ビームアーチャの数で割った前記隣り合う小ビームアーチャ間の前記ピッチに等しい [38] に記載の小ビームアーチャアレイ。

[40] 各グループの前記小ビームアーチャは、斜めの矩形アレイを形成している [31] ないし [39] のいずれか 1 に記載の小ビームアーチャアレイ。

[41] 各グループの前記小ビームアーチャは、前記グループの小ビームアーチャによって形成されたビームスポットの中心から全てオフセットされている [31] ないし [40] のいずれか 1 に記載の小ビームアーチャアレイ。

[42] 49個の小ビームアーチャが前記ビームスポット内に配置され、各小ビームアーチャがアーチャの数と関連付けられ、前記ビームスポットの中心からの各小ビームアーチャのX方向のオフセットが、式 $app_{x_offset} = (\text{int}[(\text{アーチャの数}-1)/7]-3) * \text{ピッチ}$ で定義され、ここでintは床関数である[41]に記載の小ビームアーチャアレイ。

[43] 前記ビームスポットの中心からの各小ビームアーチャのY方向のオフセットが、式 $app_{y_offset} = (-\text{ピッチ}/2)+[(6-[(\text{アーチャの数}-1)\bmod 7]+\text{int}(\text{アーチャの数}/29)-3)*\text{ピッチ}]-[(\text{ピッチ}/7)*(\text{int}[(\text{アーチャの数}-1)/7])-3]$ で定義され、ここでintは床関数である[41]又は[42]に記載の小ビームアーチャアレイ。

[44] 複数の荷電粒子小ビームを使用してターゲットのフィールドを露光するための方法であって、前記フィールドは、第1の方向の長さと、第2の方向の幅とを有し、この方法は、前記荷電粒子小ビームから複数の別個のグループを形成することを含み、前記グループは、前記フィールドの幅を横切って均等に離間され、前記ターゲットを前記第1の方向に移動させて、各小ビームが前記ターゲットの表面上の描画経路に従うように、前記フィールドの対応するストライプの幅を横切って各グループの小ビームを同時に走査することを含み、各グループの前記小ビームの前記描画経路は、前記第1の方向において均一に離間されている、方法。10

[45] 前記第1の方向は、前記第2の方向に対してほぼ垂直である[44]に記載の方法。

【図1】

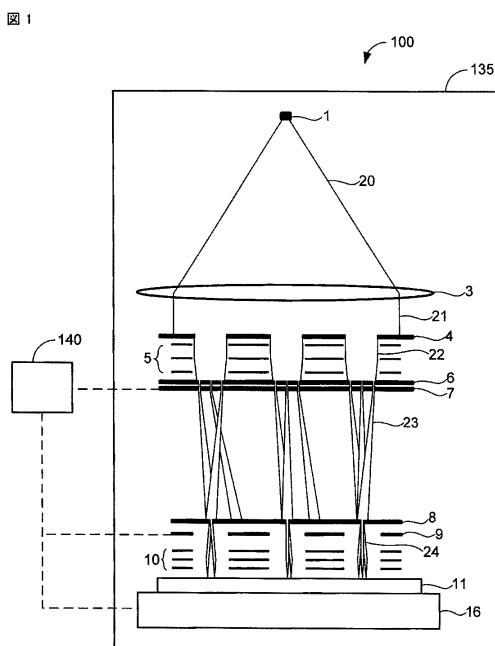


FIG. 1

【図2】

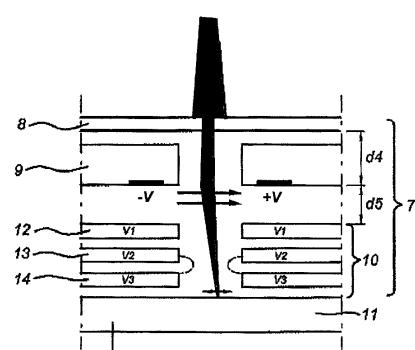


FIG. 2

【図3】

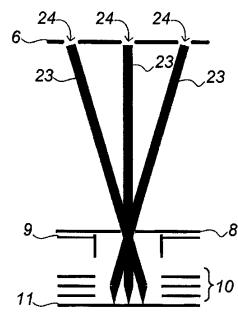


FIG. 3

【図4】

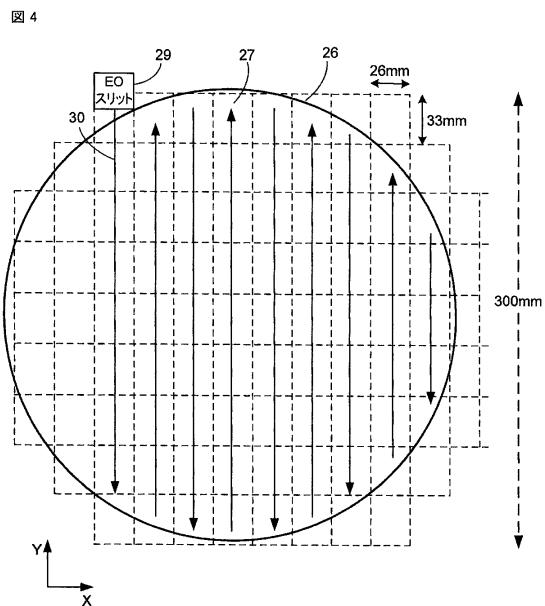


FIG. 4

【図5】

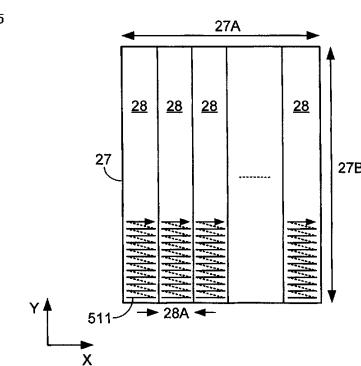


FIG. 5

【図6】

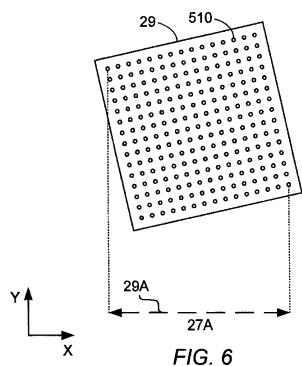


FIG. 6

【図7】

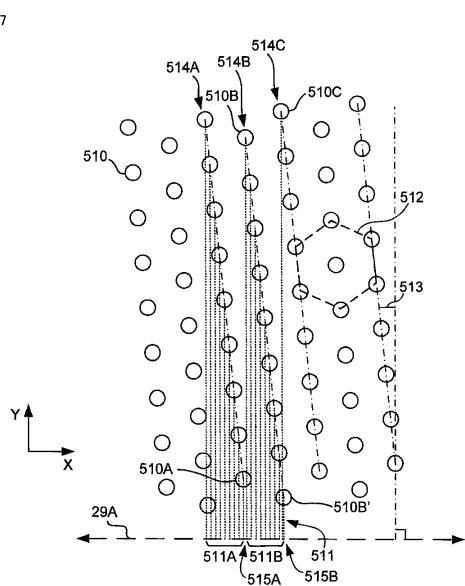


FIG. 7

【図8A】

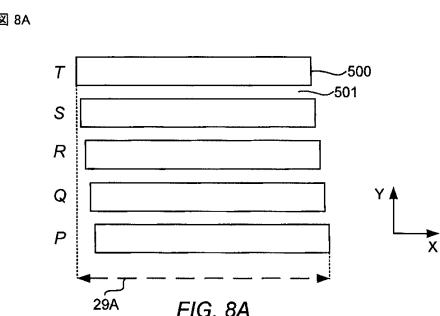
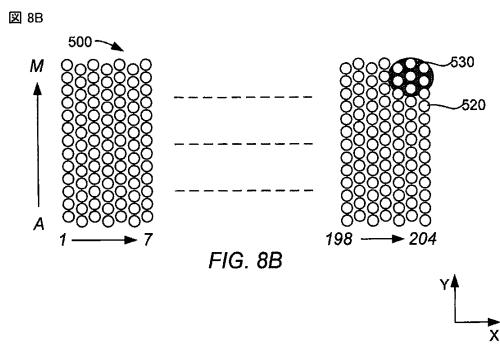
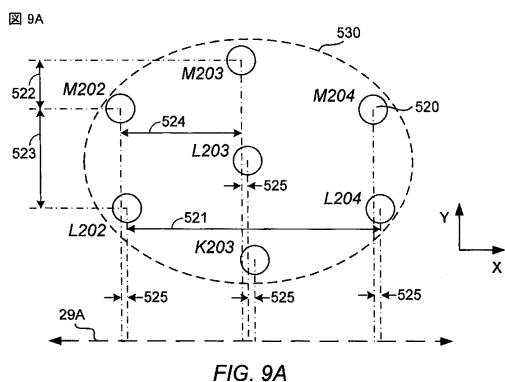


FIG. 8A

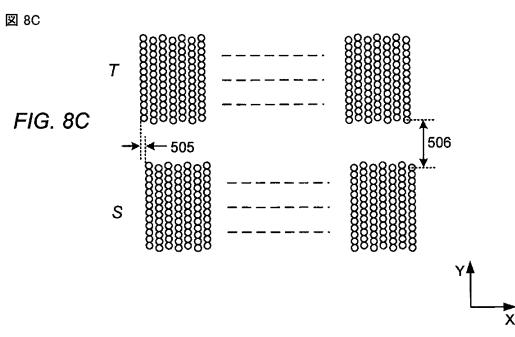
【図 8 B】



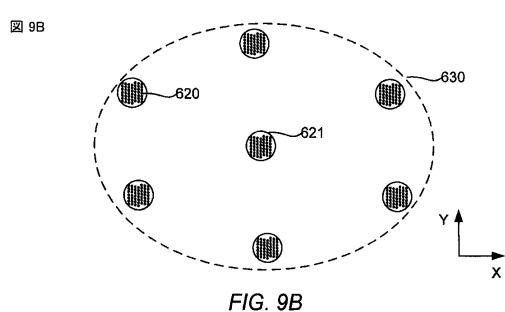
【図 9 A】



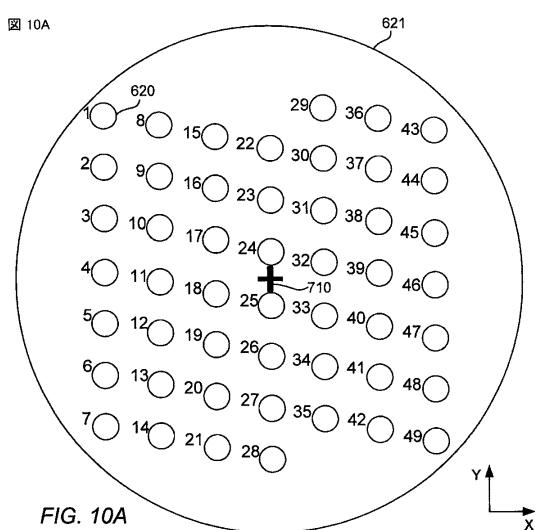
【図 8 C】



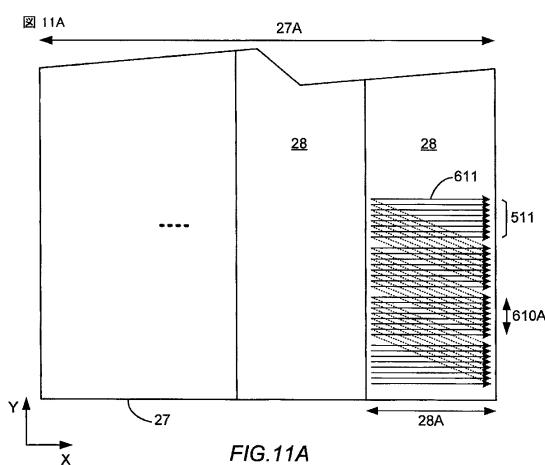
【図 9 B】



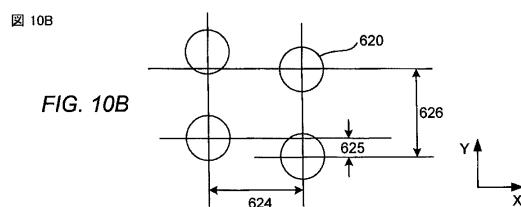
【図 10 A】



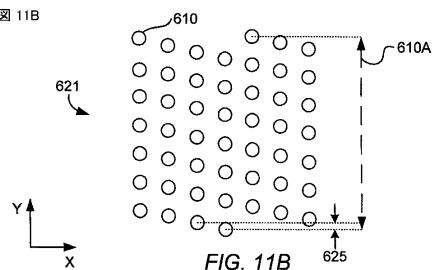
【図 11 A】



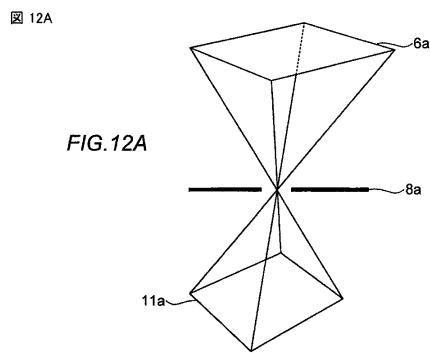
【図 10 B】



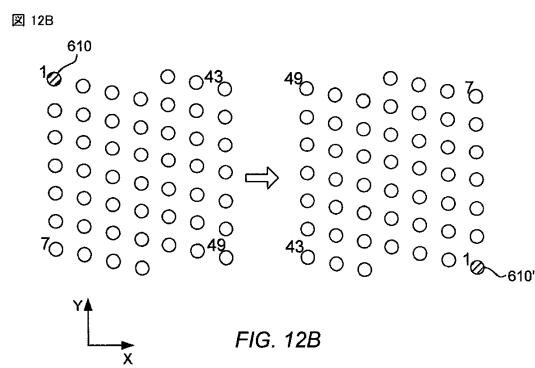
【図 11 B】



【図 1 2 A】



【図 1 2 B】



【図 1 3 A】

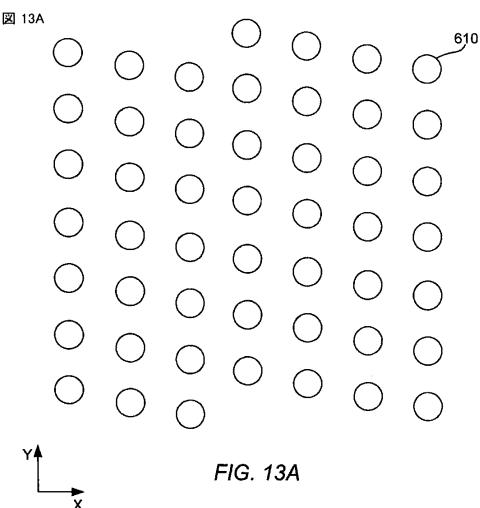


FIG. 13A

【図 1 3 B】

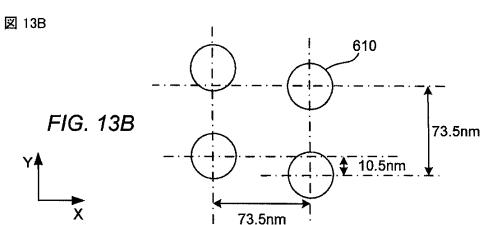


FIG. 13B

【図 1 4】

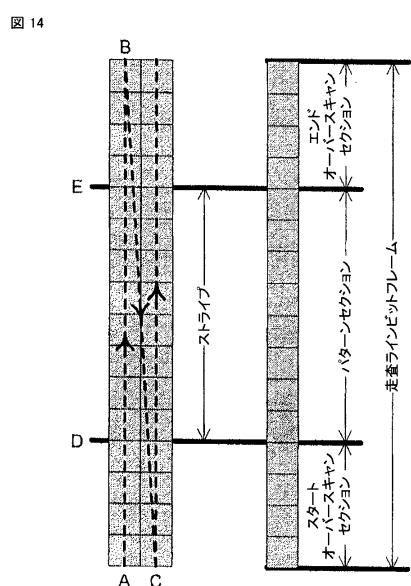


FIG. 14

【図 1 5 A】

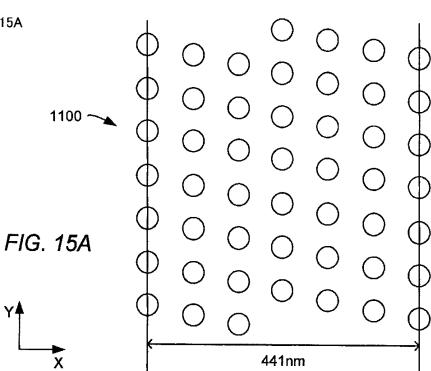


FIG. 15A

【図 1 5 B】

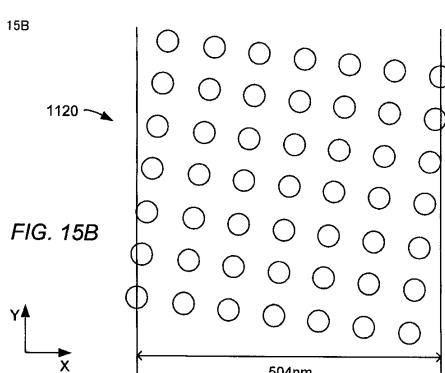


FIG. 15B

フロントページの続き

(74)代理人 100124394

弁理士 佐藤 立志

(74)代理人 100112807

弁理士 岡田 貴志

(74)代理人 100111073

弁理士 堀内 美保子

(72)発明者 クイパー、ピンセント・シルベスター

オランダ国、エヌエル - 2 6 2 8 エックスケー・デルフト、コンピューターラーン 1 5

(72)発明者 スロット、アーウィン

オランダ国、エヌエル - 2 7 2 8 エーエヌ・ズーテルメール、ボタリーン 5 4

審査官 長谷 潮

(56)参考文献 特開2 0 0 5 - 3 2 2 9 1 8 (J P , A)

特表2 0 1 1 - 5 2 3 7 8 6 (J P , A)

特開昭6 0 - 1 0 5 1 5 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 1 L 2 1 / 0 2 7

G 0 3 F 7 / 2 0 - 7 / 2 4

H 0 1 J 3 7 / 0 9 , 3 7 / 3 0 5