

(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 I

HO 1 L 21/027 (2006. 01)  
 GO 3 F 7/20 (2006. 01)  
 HO 1 J 37/305 (2006. 01)  
 HO 1 J 37/09 (2006. 01)

HO 1 L 21/30 5 4 1 W  
 HO 1 L 21/30 5 4 1 B  
 GO 3 F 7/20 5 0 4  
 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、2 6 2 8 エクスケー・デ  
 ルフト、コンピューターラーン 1 5  
 (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チャ  
 アレイであって、

サブビームアパーチャアレイは、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パーチャ  
 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チャが、その6つの隣り合うサ  
 ブビームアパ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の方向に平行なライン上へと投  
 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、前記第1の方向は前記第2の方向とは異なる、サブビームアパーチャ  
 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、請求項1に記載のサブビームアパーチャアレイ。

【請求項 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、請求項 2 に記載のサブビームアパーチャアレイ。

【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、請求項 2 又は 3 に記載のサブビームアパーチャアレイ。

【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、請求項 1 ないし 4 のいずれか 1 項に記載のサブビームアパーチャアレイ。

10

【請求項 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、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パーチャアレイ。

【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パーチャアレイ。

【請求項 8】

前記サブビームアパーチャアレイは、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パーチャアレイ。

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パ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パーチャアレイで生成されて、前記小ビームアパーチャアレイに投影され、

小ビームアパーチャアレイは、複数のグループで配置された複数の小ビームアパーチャを有し、前記小ビームアパーチャの各グループが 1 つのサブビームに対応し、前記小ビームアパーチャの各グループ内の前記小ビームアパ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、小ビームアパーチャアレイ。

30

【請求項 10】

各グループの前記小ビームアパーチャは、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パーチャアレイ。

【請求項 11】

各グループの前記小ビームアパーチャは、前記グループの小ビームアパ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パーチャアレイ。

【請求項 12】

40

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パーチャアレイと、

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パーチャ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。

50

## 【請求項 13】

前記小ビームアパーチャアレイは、請求項 9 ないし 11 のいずれか 1 項に記載の小ビームアパ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】

前記小ビームアパーチャは、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、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パーチャが、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】

前記小ビームアパーチャアレイの 1 つの行内の隣り合う小ビームアパーチャは、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パ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パーチャの数で割った前記隣り合う小ビームアパ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って、前記フィールドは、第 1 の方向の長さ、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、各サブビームアパーチャが、その 6 つの隣り合うサブビームアパ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、アパーチャアレイ、及びアパ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パ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ブランキングアパーチャアレイ(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、多数のアパーチャ行を有し、アパ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のグループのアパ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パーチャが、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、全ての他の行のアパ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。

10

【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パーチャを備えた小ビームブ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ブ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。

20

【0005】

他の欠点の中でもとりわけ、アライのシステムは、商業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にアパ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パーチャアレイを提供する。サブビームアパーチャアレイは、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パーチャを有し、前記サブビームアパーチャは、第1の方向において第2の方向に平行なライン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パーチャの非規則的な六角形パターンでは、各アパーチャは6つの隣り合うアパーチャを有するが、これら6つの隣り合うアパーチャは、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、アパーチャがその6つの隣り合う

50

アパー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、アパーチャアレイは、好ましくは、ビーム領域内の全てのアパー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チャをもたらし、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

20

**【0010】**

各列内でのサブビームアパー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チャのオフセットは、サブビームアパー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チャをもたらし、一配置では、隣り合う列のサブビームアパーチャは第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チャアレイを提供する。小ビームアパーチャアレイは、1以上のグループで配置された複数の小ビームアパーチャを有し、小ビームアパーチャは、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、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、単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チャは、小ビームアパ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。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できる。

40

**【0013】**

50

第3の方向に平行なライン上に投影されたときの小ビームアパーチャの均一な間隔は、複数の小ビームが小ビームアパ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。投影されたアパ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パ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】

小ビームアパーチャは、行及び列で配置されることができ、小ビームアパーチャアレイの1つの行内の各小ビームアパーチャは、前記行において隣接している小ビームアパーチャから第3の方向に均一にオフセットされている。小ビームアパーチャアレイでは、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されることができる。各グループの列内の小ビームアパーチャは、第4の方向にアライメントされることができる。

10

#### 【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パーチャアレイを提供し、小ビームアパーチャアレイは、1以上のグループで配置された複数の小ビームアパーチャを有し、各グループがサブビームに対応し、各グループ内の小ビームアパーチャの配置が不均衡アレイを形成している。

20

#### 【0016】

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

#### 【0017】

各グループの小ビームアパーチャは、グループの小ビームアパ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ることができる。ビームスポット内に配置された49個の小ビームアパーチャを含む小ビームアパーチャアレイでは、各小ビームアパーチャは、アパ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ビームアパーチャのX方向のオフセットは、式 $app_{xoffset} = (int[(アパーチャの数-1)/7]) - 3 * ピッチ$ 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パーチャのY方向のオフセットは、式 $app_{yoffset} = (-ピッチ/2) + [(6 - [(アパーチャの数-1) \bmod 7]) + int(アパーチャの数/29) - 3] * ピッチ - [(ピッチ/7) * (int[(アパーチャの数-1)/7]) - 3]$ で定義され、ここでintは床関数である。

30

#### 【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パーチャアレイとを具備し、サブビームアパーチャアレイは、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パー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。

40

#### 【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

50

ブ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パーチャアレイを有することができ、ここでは、小ビームアパーチャアレイは、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。(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、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の方向において均等に離間されている。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の方向において均等に離間されている。

【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できる。

【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照してさらに説明される。

【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。

【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パ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パ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パーチャアレイを詳細に示す図である。

10

20

30

40

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、小ビームアパーチャグループを示す図である。

【図 10 B】図 10 B は、小ビームアパ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パ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パ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つのアパーチャパターン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つのアパーチャパターン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】

20

【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、パターンニングスキームは、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：アパーチャ、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、アパーチャのフィーチャは、アパ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アライ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：アパーチャ、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、アパーチャ、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：アパー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



## 【 0 0 3 4 】

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, 8 9 7, 4 5 8 号、第 6, 9 5 8, 8 0 4 号、第 7, 0 1 9, 9 0 8 号、第 7, 0 8 4, 4 1 4 号、第 7, 1 2 9, 5 0 2 号、第 7, 7 0 9, 8 1 5 号及び第 7, 8 4 2, 9 3 6 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。

## 【 0 0 3 5 】

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 2 0 を生成する。ビームエネルギーは、好ましくは、約 1 ないし 1 0 k e V の範囲で比較的低く維持される。

## 【 0 0 3 6 】

電子源 1 からの電子ビーム 2 0 は、コリメートされた電子ビーム 2 1 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 2 1 がサブビームアパーチャアレイ 4 に衝突する。アパーチャアレイ 4 は、ビームの一部を遮断し、複数のサブビーム 2 2 を放出する。システムは、例えば 1 0, 0 0 0 本ないし 1, 0 0 0, 0 0 0 本の小ビームである多数のサブビーム 2 2 を発生させる。

## 【 0 0 3 7 】

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されることができる。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、アパーチャアレイ 4 によってターゲット 1 1 上に描画がなされる。

## 【 0 0 3 8 】

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。

## 【 0 0 3 9 】

サブビーム 2 2 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パーチャを含むマルチアパーチャアレイ 6 で遮られ、マルチアパーチャアレイ 6 が各サブビーム 2 2 からグループの小ビーム 2 3 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。

## 【 0 0 4 0 】

そして、これら小ビーム 2 3 は、小ビームブランカアレイ 7 を通過する。ブ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、各グループのブ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 1 0 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、アパーチャアレイ 6 は、各サブビーム 2 2 から 3 つの小ビーム 2 3 からなるグループを生成する。グループの小ビームは、ビームブランカアレイ 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 1 0 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 1 0 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、5 0 本程度の小ビームが単一の投影レンズ系を通過して向けられることができ、これは 2 0 0 以上に増加されてもよい。

## 【 0 0 4 1 】

小ビームブランカアレイ 7 は、これらをブ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 2 3 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 2 2 によって示され、真ん中の小ビーム 2 3 が開口の近くでないビーム停止アレイ 8

10

20

30

40

50

上の位置に偏向されて、この結果、小ビームがブランキングされる。真ん中のサブビーム 22 では、右側の小ビーム 23 が偏向されてブランキングされ、右側のサブビーム 22 では、いずれの小ビームも偏向もブランキングもされない。

#### 【0042】

続いて、電子小ビーム 23 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 10 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 25 ないし 500 倍の縮小を与える。さらに、エンドモジュールは、小ビーム 23 を偏向するように構成されることができ。エンドモジュールを出た後、小ビーム 23 は、ターゲット平面に位置されたターゲット 11 の表面に衝突する。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

#### 【0043】

エンドモジュールでは、電子小ビーム 23 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。

#### 【0044】

ビーム停止アレイ 8 の通路は、小ビームブランカアレイ 7 の要素とアライメントされることができ。そして、小ビームブランカアレイ 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 23 を遮断するか通過させるために協働する。小ビームブランカアレイ 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、小ビームブランカアレイ 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 11 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 23 が有効にスイッチオン及びオフされることができ。

20

#### 【0045】

次に、小ビーム 23 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 23 の方向に対してほぼ垂直な方向への各小ビーム 23 の偏向を与える。次に、小ビーム 23 が投影レンズ構成体 10 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 11 上に投影される。

30

#### 【0046】

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 10 とを示し、ターゲット 11 上に電子小ビームを投影している。小ビーム 23 は、ターゲット 11 上に投影され、好ましくは、径約 10 ないし 30 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 10 は、約 100 ないし 500 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 23 の中央部分が、まず、ビーム停止アレイ 8 を通過する（小ビームブランカアレイ 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 11 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 23 は、続いて、投影レンズ構成体 10 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 11 に衝突する。

40

#### 【0047】

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 10 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 12、13、14 を有する。プレート 12、13、14 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でき。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。アパーチャは、慣例的には、周知技術のリソグラフィ及びエッチングを使用してプレートに形成されることができる。

【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できる。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できる。電圧が、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ことができる。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 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 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できる。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できる。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く、共通制御信号の数もまた変わってもよい。

【0050】

20

電圧 $V_1$ 、 $V_2$ 、 $V_3$ 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できる。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。

30

【0051】

図2はまた、左から右へ的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のアパーチャは、1以上的小ビームが通過するものとして示され、電極がアパ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、アパ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。

【0052】

40

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。

【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の上方のマルチアパーチャプレート6は、描かれているような複数

50

のアーチャ 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ン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。

【0055】

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キ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、パターン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。このようなパターン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

10

【0056】

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できる。

【0057】

さらに、パターン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

【0058】

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できる。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単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、IC 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

【0059】

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

【0060】

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、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及び小ビームブランカアレイ7は、649, 740個の孔を含み、これらは、 $26 \times 26$  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できる。

#### 【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26 mm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2  $\mu$  m）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33 mm）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26 mm）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。

## 【 0 0 6 5 】

フィールド 2 7 の幅が電子光学 ( E O ) スリット 2 9 の幅 2 9 A ( 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、2 6 m m 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。E O 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、E O スリット 2 9 は、好ましくは、フィールド 2 7 の幅と一致する描画幅 2 9 A を有する。

## 【 0 0 6 6 】

E O スリット 2 9 のサブビーム 5 1 0 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 1 1 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 low 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。

## 【 0 0 6 7 】

図 7 は、電子光学スリット 2 9 のサブビーム 5 1 0 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 5 1 0 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 5 1 2 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 5 1 3 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 5 1 5 A、5 1 5 B に沿って配置されたサブビーム 5 1 0 によって形成された描画経路 5 1 1 が図 7 に示される。

## 【 0 0 6 8 】

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 5 1 1 が、所望の間隔だけ、例えば、ストライプ幅 2 8 A だけ離れているように選択された角度 5 1 3 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 5 1 4 A に沿って配置された全てのサブビーム 5 1 0 は、等間隔だけ離れた描画経路 5 1 1 A を有し、列 5 1 4 B に沿った全てのサブビーム 5 1 0 は、等間隔だけ離れた描画経路 5 1 1 B を有する。所望の結果は、全てのサブビーム 5 0 1 の全ての描画経路 5 1 1 が E O スリット 2 9 の幅 2 9 A 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。

## 【 0 0 6 9 】

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 5 1 4 A のサブビーム 5 1 0 A の描画経路及び列 5 1 4 B のサブビーム 5 1 0 B の描画経路は、列 5 1 4 A のサブビームの描画経路間隔とは異なる間隔 5 1 5 A だけ離れていることができる。アレイの傾き角度 5 1 3 は、列 5 1 4 A のサブビームの描画間隔と同じ間隔 5 1 5 A をなすために調整されることができるが、列 5 1 4 B のサブビーム 5 1 0 B ' の描画経路と列 5 1 4 C のサブビーム 5 1 0 C の描画経路との間隔 5 1 5 B は、列 5 1 4 A 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 8 A ないし図 8 C 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。

10

20

30

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は、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す。アパー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チャアレイにおけるアパー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。

## 【 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つよりも多い、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のアパーチャ520で図8Bに示されるように、204列×13行のアパーチャを含む。各ビーム領域内で、行が文字AからMで示されることができ、各列が数字1から204で示されることができ。したがって、各サブビームアパーチャは、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。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チャである。

## 【 0 0 7 3 】

ビーム領域500の全てのアパーチャは、好ましくは、これは、X方向に平行なライン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、このライン上に投影されたとき、全ての隣接しているアパー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。

## 【 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のアパーチャ及び行Mのアパー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。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チャのオフセット505は、アパーチャの径の比であることができる。

## 【 0 0 7 5 】

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

10

20

30

40

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。均一なサイズのアパ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つから円形又は楕円形領域530内で囲まれて示された、アパーチャ520の、図8Bに関する拡大図である。アパーチャ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パ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（各アパーチャ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のアパ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パ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、アパーチャ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。アパーチャアレイの全ての列のアパーチャ520は、X方向にアライメントされることができ、固定ピッチ（例えば、いくつかの実施の形態では、 $260 \mu\text{m}$ に等しいアパーチャL202、L204間の間隔521）を有する。いくつかの実施の形態では、アパーチャアレイの隣接している列のアパーチャは、Y方向に固定量（例えば、いくつかの実施の形態では、 $75 \mu\text{m}$ に等しいアパーチャM202、M203間の間隔522）だけ互い違いになっており、均一なアパーチャ列のピッチ（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、アパーチャL203は、アパーチャL202、L204間のX方向の中間点（例えば $130 \mu\text{m}$ ）で、アパーチャ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パーチャは、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、アパーチャK203、L203は $2 \mu\text{m}$ だけオフセットされており、アパーチャ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パーチャ間の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パー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、アパーチャS-M1は、X方向のアパーチャ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方向においてアパーチャT-A1からオフセットされることができる。

30

【0079】

図9Aに見られることができるように、アパー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、各列においてアパー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、アパーチャは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パー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】

50



図 9 B 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／楕円径 6 2 0 は、図 9 A に示されるアパーチャ 5 2 0 によって発生されるグループのサブビーム 5 1 0 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 5 1 0 は、ビームスポット 6 2 1 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 6 2 0 を含む。いくつかの実施の形態では、サブビーム 5 1 0 によって形成されたビームスポット 6 2 1 は、サブビームアパーチャ 5 2 0 と同様の間隔を維持する。

#### 【 0 0 8 2 】

図 1 0 A は、図 9 B に対する拡大図であり、1つのサブビーム 5 1 0 から形成された1つのグループの小ビームアパーチャ 6 2 0 を示している。各グループの小ビームアパーチャ 6 2 0 は、ビームスポット 6 2 1 を形成している。十字マーク 7 1 0 は、ビームスポット 6 2 1 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 6 2 0 には、1 から 4 9 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 6 2 0 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  $2.7 \mu\text{m}$  の径を有することができる。

#### 【 0 0 8 3 】

図 1 0 A に示される実施の形態では、小ビームアパーチャ 6 2 0 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されることができるが、円形のビームスポット内にアパーチャ 6 2 0 をコンパクトに配置することが好ましい。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 1 0 A に示されることできるように、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、パターンニングスキームは、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 1 0 A 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 6 2 0 は、(図 1 0 A 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されることができる。

#### 【 0 0 8 4 】

本発明のさらなる態様は、アレイを斜めにし、(図 1 0 A 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 6 2 0 間の行間 (intra-row) オフセット 6 2 5 は、図 1 0 B 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 6 2 4 の比に等しいことができる。図 1 0 B は、図 1 0 A 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 6 2 0 のサブグループを示している。

#### 【 0 0 8 5 】

いくつかの実施の形態では、行間オフセット 6 2 5 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 6 2 0 間のピッチ 6 2 4 に等しい。これにより、グループ／ビームスポット 6 2 1 内の全てのアパーチャ 6 2 0 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 6 1 1 で小ビーム (例えば、各アパーチャ 6 2 0 で発生された小ビーム 6 1 0) が形成され、グループの小ビーム 6 2 1 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 1 0 A の小ビームアパーチャ 6 2 0 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 6 2 5 は、 $8 \mu\text{m}$  の行ピッチ 6 2 4 に対して約  $1.143 \mu\text{m}$  であり、すなわち、行当たり  $8 \mu\text{m} / 7$  のアパーチャ  $1.143 \mu\text{m}$  である。

#### 【 0 0 8 6 】

配置の他の態様は、小ビームアパーチャ 6 2 0 のグループがビームスポット 6 2 1 の中心点 7 1 0 からオフセットされるようにアレイをパターン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個のアパーチャを含む実施の形態では、各アパーチャは、アパ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パ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。

$$\begin{aligned} \text{app}_{\text{offset}} &= (\text{int}[(\text{num}-1)/7]-3) * \text{ピッチ} \\ \text{app}_{\text{yoffset}} &= (-\text{ピッチ}/2) + [(6 - ((\text{num}-1) \bmod 7) + \text{int}(\text{num}/29) - 3) * \text{ピッチ}] \\ &\quad - [(\text{ピッチ}/7) * (\text{int}[(\text{num}-1)/7]-3)] \end{aligned}$$

ここで、 $\text{app}_{\text{offset}}$  及び  $\text{app}_{\text{yoffset}}$  は中心点 710 からの X 軸及び Y 軸のオフセットを表し、num はアパーチャの数を表し、 $\text{int}[]$  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】

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、他のアパーチャの数、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。

【0089】

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でき、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パ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で示されるアパーチャの配置によって発生されることができ、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。

【0091】

図12Aは、ビーム停止アレイのところで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、マルチアパーチャアレイ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、マルチアパ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。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 9 3 】

図 1 2 B 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 6 1 0 が、マルチアパーチャアレイの一部分 6 a を出るものとして示されている。小ビーム 6 1 0 は、図 1 0 A に示されるのと同様にして数字が付されるが、数字 1、7、4 3、4 9 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。

## 【 0 0 9 4 】

右側には、グループの小ビーム 6 1 0 ' が、ウェーハの一部分 1 1 a 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 6 1 0、6 1 0 ' が示され、例えば、小ビームの数字 1、7、4 3、4 9 が、図 1 2 B 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

## 【 0 0 9 5 】

図 1 3 A は、図 1 2 B 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 6 1 0 ' のグループを示している。図 1 3 B は、さらなる拡大図であり、4つの隣り合う小ビーム 6 1 0 ' 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 1 0 A 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されることができる。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 . 5 nm の行及び列のピッチに対して 10 . 5 nm である。

## 【 0 0 9 6 】

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 1 4 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素早く小ビームを移動させる。

20

## 【 0 0 9 7 】

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 1 4 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ビットフレームのビットは、ビームブ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ビット/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

## 【 0 0 9 8 】

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 1 5 A 並びに図 1 5 B 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

## 【 0 0 9 9 】

図 1 5 A 並びに図 1 5 B 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 1 1 0 0 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 1 1 2 0 は、回転するバランスドアレイを有する代替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 1 1 0 0、1 1 2 0 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 8  $\mu$ m 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。

## 【 0 1 0 0 】

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 $1.041\mu\text{m}$ と比較して $1.104\mu\text{m}$ 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ビ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の方向に平行なライン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 ] 前記小ビームアパーチャは、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、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 ] 前記小ビームアパーチャは、行及び列で配置され、前記小ビームアパーチャアレイの 1 つの行内の各小ビームアパーチャは、前記行において隣接している小ビームアパーチャから前記第 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パーチャが、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 ] 前記小ビームアパーチャは、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パ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 ] 前記小ビームアパーチャアレイの 1 つの行内の隣り合う小ビームアパーチャは、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パ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パーチャの数で割った前記隣り合う小ビームアパ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パーチャは、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パーチャは、前記グループの小ビームアパ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 個の小ビームアパーチャが前記ビームスポット内に配置され、各小ビームアパーチャがアパ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パーチャの X 方向のオフセットが、式  $\text{app}_{\text{offset}} = (\text{int}[(\text{アパーチャの数}-1)/7]-3) \times \text{ピッチ}$  で定義され、ここで  $\text{int}$  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パーチャの Y 方向のオフセットが、式  $\text{app}_{\text{offset}} = (-\text{ピッチ}/2) + [(6 - ((\text{アパーチャの数}-1) \bmod 7) + \text{int}(\text{アパーチャの数}/29) - 3) \times \text{ピッチ}] - [(\text{ピッチ}/7) \times (\text{int}[(\text{アパーチャの数}-1)/7] - 3)]$  で定義され、ここで  $\text{int}$  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パーチャアレイであって、サブビームアパーチャアレイは、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パーチャを有し、前記サブビームアパーチャは、第 1 の方向において第 2 の方向に平行なライン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、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チャアレイ。

50

〔 2 5 〕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〔 2 4 〕に記載のサブビームアパーチャアレイ。

〔 2 6 〕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 5 〕に記載のサブビームアパーチャアレイ。

〔 2 7 〕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〔 2 4 〕ないし〔 2 6 〕のいずれか 1 に記載のサブビームアパーチャアレイ。

10

〔 2 8 〕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〔 2 4 〕ないし〔 2 7 〕のいずれか 1 に記載のサブビームアパーチャアレイ。

〔 2 8 〕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〔 2 4 〕ないし〔 2 8 〕のいずれか 1 に記載のサブビームアパーチャアレイ。

〔 3 0 〕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〔 2 4 〕ないし〔 2 9 〕のいずれか 1 に記載のサブビームアパーチャアレイ。

〔 3 1 〕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チャアレイであって、小ビームアパーチャアレイは、1 以上のグループで配置された複数の小ビームアパーチャを有し、前記小ビームアパーチャは、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、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パーチャアレイ。

20

〔 3 2 〕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る個々の荷電粒子サブビームと一致する〔 3 1 〕に記載の小ビームアパーチャアレイ。

〔 3 3 〕前記小ビームアパーチャは、行及び列で配置され、前記小ビームアパーチャアレイの 1 つの行内の各小ビームアパーチャは、前記行において隣接している小ビームアパーチャから前記第 3 の方向に均一にオフセットされている〔 3 1 〕又は〔 3 2 〕に記載の小ビームアパーチャアレイ。

30

〔 3 4 〕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〔 3 1 〕ないし〔 3 3 〕のいずれか 1 に記載の小ビームアパーチャアレイ。

〔 3 5 〕各グループの列内の前記小ビームアパーチャが、前記第 4 の方向にアライメントされている〔 3 1 〕ないし〔 3 4 〕のいずれか 1 に記載の小ビームアパーチャアレイ。

〔 3 6 〕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チャアレイであって、小ビームアパーチャアレイは、1 以上のグループで配置された複数の小ビームアパーチャを有し、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パ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パーチャアレイ。

〔 3 7 〕前記小ビームアパーチャアレイの 1 つの行内の隣り合う小ビームアパーチャは、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〔 3 6 〕に記載の小ビームアパーチャアレイ。

40

〔 3 8 〕前記オフセットは、前記隣り合う小ビームアパーチャ間のピッチの比に等しい〔 3 7 〕に記載の小ビームアパーチャアレイ。

〔 3 9 〕前記比は、前記行内の小ビームアパーチャの数で割った前記隣り合う小ビームアパーチャ間の前記ピッチに等しい〔 3 8 〕に記載の小ビームアパーチャアレイ。

〔 4 0 〕各グループの前記小ビームアパーチャは、斜めの矩形アレイを形成している〔 3 1 〕ないし〔 3 9 〕のいずれか 1 に記載の小ビームアパーチャアレイ。

〔 4 1 〕各グループの前記小ビームアパーチャは、前記グループの小ビームアパ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〔 3 1 〕ないし〔 4 0 〕のいずれか 1 に記載の小ビームアパーチャアレイ。

50

[ 4 2 ] 4 9 個の小ビームアパーチャが前記ビームスポット内に配置され、各小ビームアパーチャがアパ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パーチャの X 方向のオフセットが、式  $app_{xoffset} = (\text{int}[(\text{アパーチャの数}-1)/7]-3) \times \text{ピッチ}$  で定義され、ここで  $\text{int}$  は床関数である [ 4 1 ] に記載の小ビームアパーチャアレイ

[ 4 3 ] 前記ビームスポットの中心からの各小ビームアパーチャの Y 方向のオフセットが、式  $app_{yoffset} = (-\text{ピッチ}/2) + [(6 - [(\text{アパーチャの数}-1) \bmod 7] + \text{int}(\text{アパーチャの数}/29) - 3) \times \text{ピッチ}] - [(\text{ピッチ}/7) \times (\text{int}[(\text{アパーチャの数}-1)/7]) - 3]$  で定義され、ここで  $\text{int}$  は床関数である [ 4 1 ] 又は [ 4 2 ] に記載の小ビームアパーチャアレイ。

[ 4 4 ] 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 の方向において均等に離間されている、方法。

[ 4 5 ] 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 [ 4 4 ] に記載の方法。

10

【 図 1 】

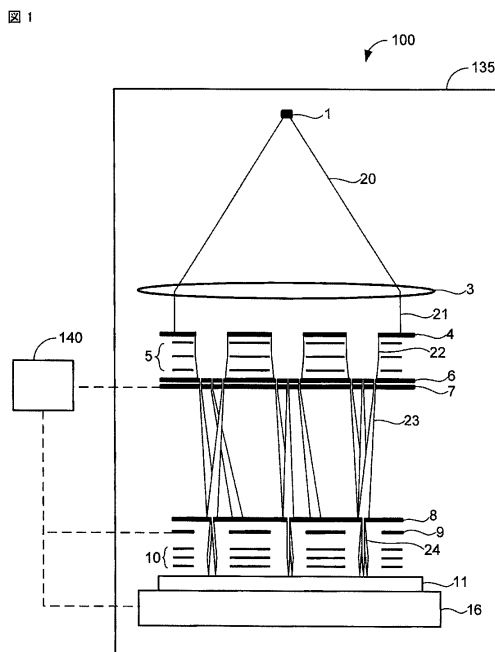


FIG. 1

【 図 2 】

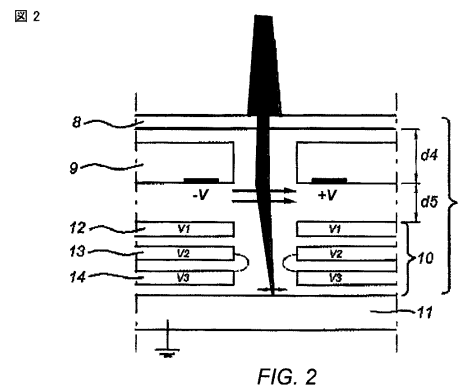


FIG. 2

【 図 3 】

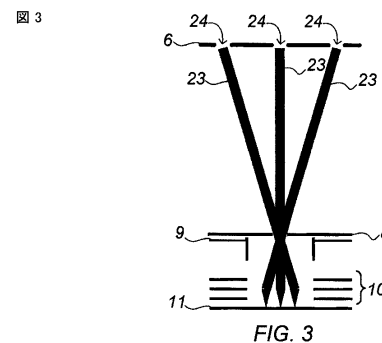


FIG. 3

【図 4】

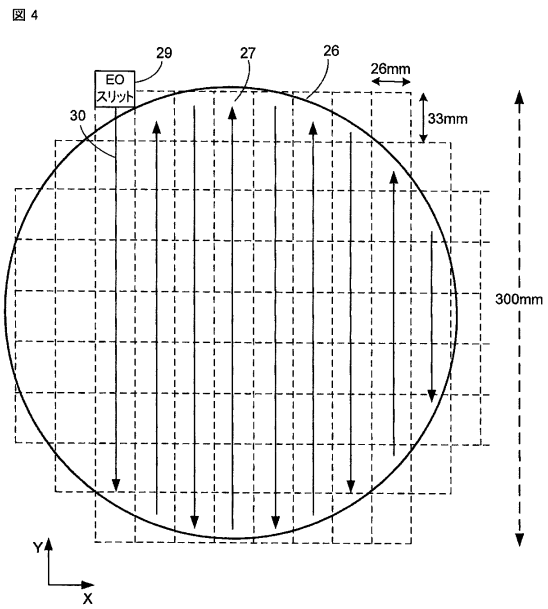


FIG. 4

【図 5】

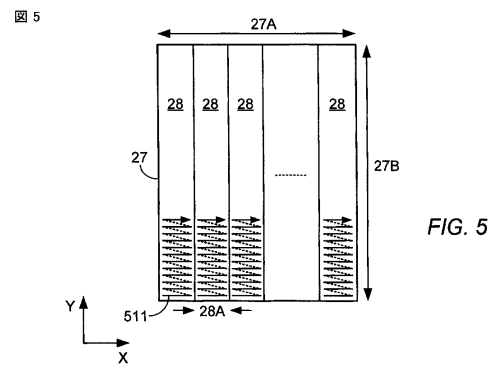


FIG. 5

【図 6】

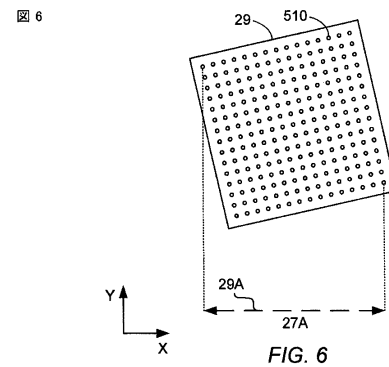


FIG. 6

【図 7】

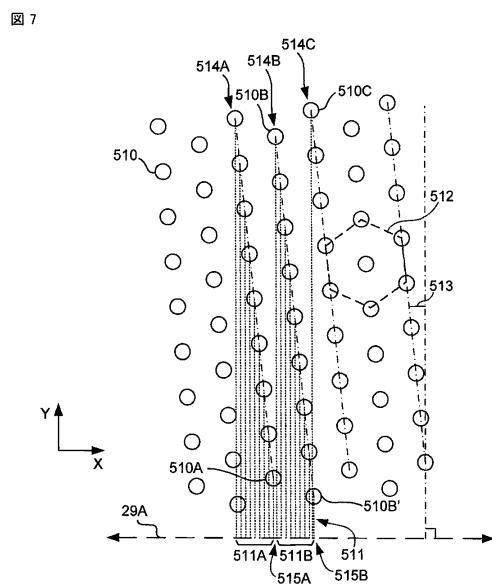


FIG. 7

【図 8 A】

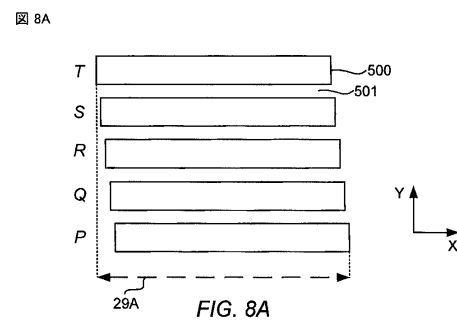
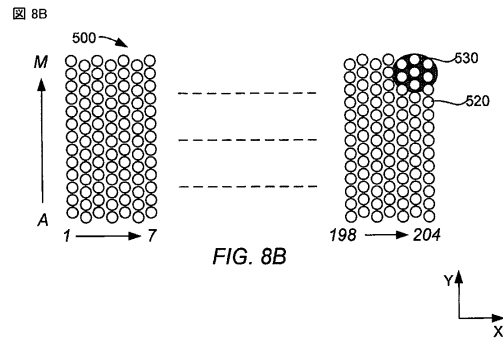


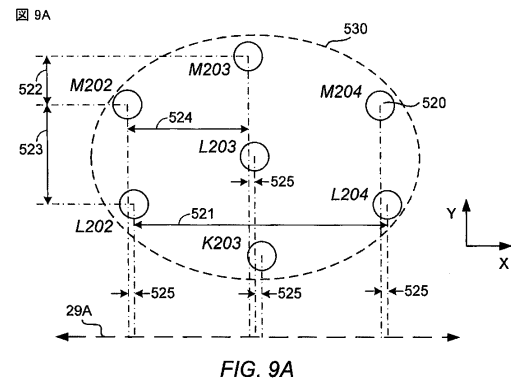
FIG. 8A



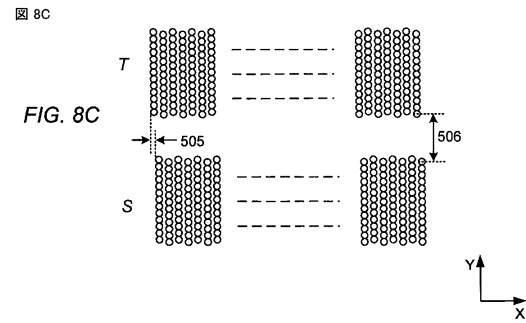
【図 8 B】



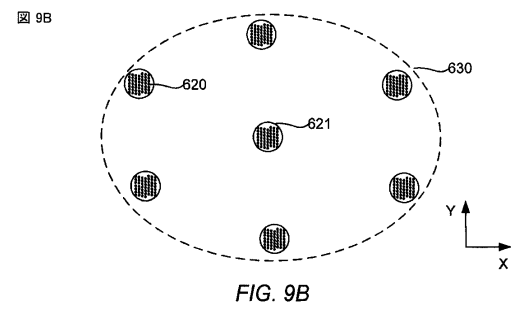
【図 9 A】



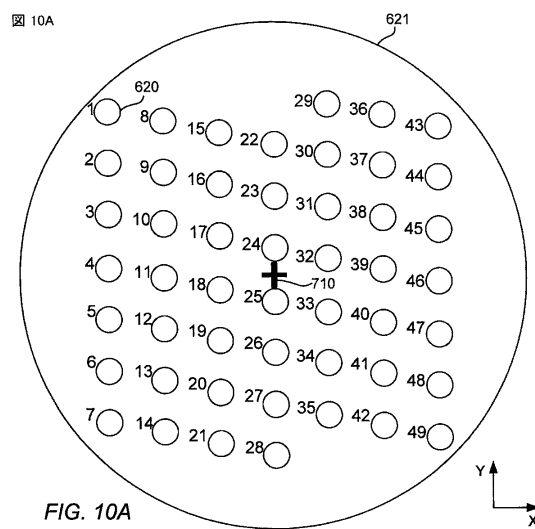
【図 8 C】



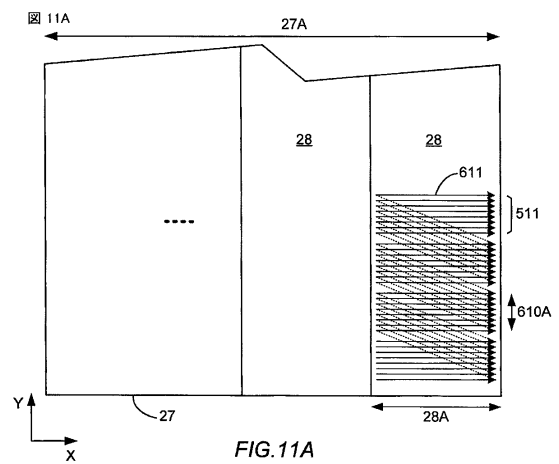
【図 9 B】



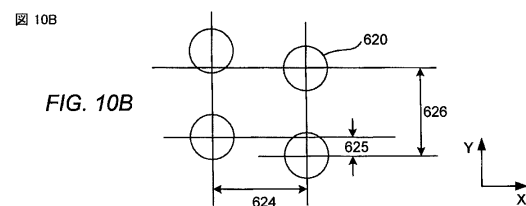
【図 10 A】



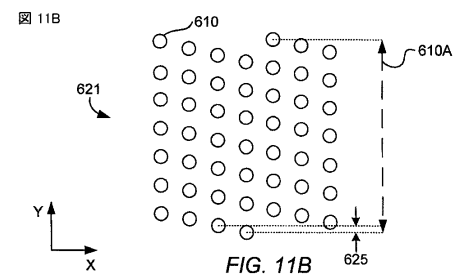
【図 11 A】



【図 10 B】



【図 11 B】



## 【図 12 A】

図 12A

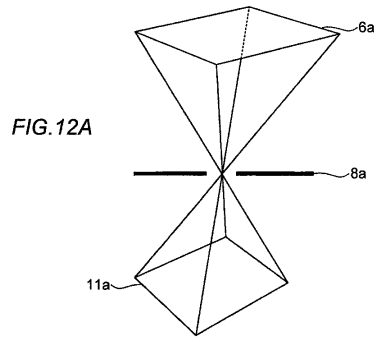


FIG. 12A

## 【図 12 B】

図 12B

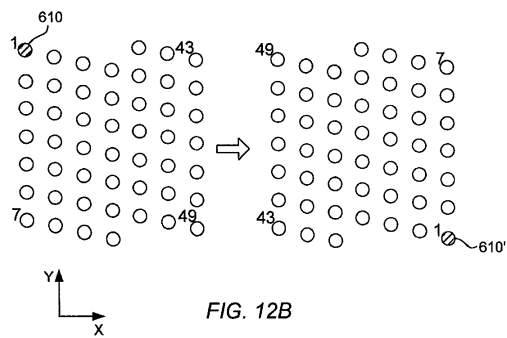


FIG. 12B

## 【図 13 A】

図 13A

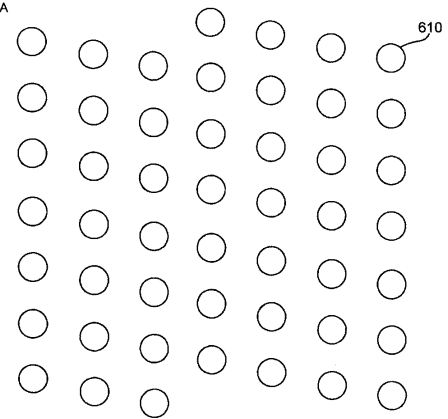


FIG. 13A

## 【図 13 B】

図 13B

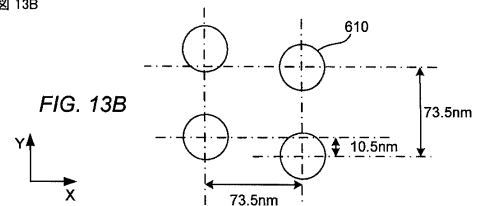


FIG. 13B

## 【図 14】

図 14

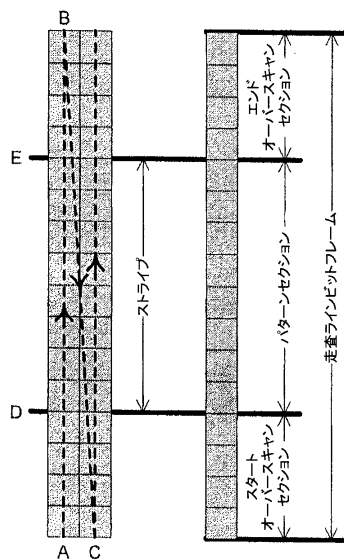


FIG. 14

## 【図 15 A】

図 15A

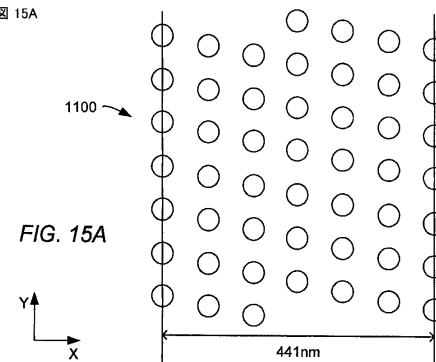


FIG. 15A

## 【図 15 B】

図 15B

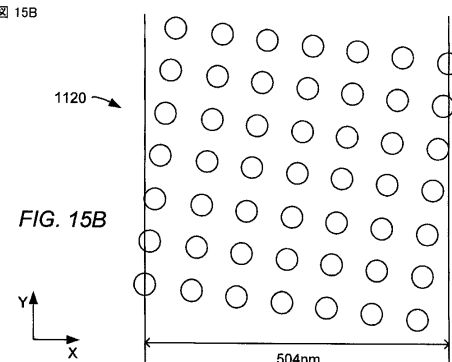


FIG. 15B

---

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. , D B 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