

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4423490号  
(P4423490)

(45) 発行日 平成22年3月3日(2010.3.3)

(24) 登録日 平成21年12月18日(2009.12.18)

(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 37/09 (2006.01)	GO 3 F 7/20 5 0 4
HO 1 J 37/305 (2006.01)	HO 1 J 37/09 A
	HO 1 J 37/305 B
請求項の数 16 外国語出願 (全 27 頁)	

(21) 出願番号 特願2003-45145 (P2003-45145)  
 (22) 出願日 平成15年1月17日(2003.1.17)  
 (65) 公開番号 特開2004-40076 (P2004-40076A)  
 (43) 公開日 平成16年2月5日(2004.2.5)  
 審査請求日 平成17年11月30日(2005.11.30)  
 (31) 優先権主張番号 A76/2002  
 (32) 優先日 平成14年1月17日(2002.1.17)  
 (33) 優先権主張国 オーストリア(AT)  
 (31) 優先権主張番号 A434/2002  
 (32) 優先日 平成14年3月21日(2002.3.21)  
 (33) 優先権主張国 オーストリア(AT)

(73) 特許権者 503070579  
 イーエムエス ナノファブリケーション  
 アーゲー  
 オーストリア国 1020 ウイーン シ  
 ユレイガッセ3  
 (74) 代理人 100060715  
 弁理士 松原 伸之  
 (74) 復代理人 100116034  
 弁理士 小川 啓輔  
 (74) 代理人 100070116  
 弁理士 村木 清司  
 (74) 代理人 100095304  
 弁理士 橋本 千賀子  
 (74) 代理人 100103643  
 弁理士 松嶋 さやか

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 パターンを基板上に露光するマスクレス粒子ビーム装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

荷電粒子のビーム(1b、pb)によって照射され、該ビームを複数のアパーチャを介してのみ通過させる、粒子ビーム露光装置(100)において用いる、パターンを描画する装置(102)であって、

前記アパーチャを通過するビーム(bm)の形状を明確にする、複数の同一形状のアパーチャ(21、230)を有するアパーチャアレイ手段(203)と、

複数の開口部(220)を有し、選択されたビームの通路を塞ぐブランキング手段(202)であって、各開口部が、前記アパーチャアレイ手段(203)のそれぞれのアパーチャ(230)に対応し、かつ前記開口部を介して照射された粒子をその経路(p1)から外して露光装置(100)内の吸収面に偏向させるように制御可能な偏向手段(221)を備えているブランキング手段とを具備し、

アパーチャ(21)及び対応する開口部(220)は、複数のアパーチャが互い違いに並ぶ複数のライン(pl)からなるパターン描画領域(pf)内のブランキング手段(202)及びアパーチャアレイ手段(203)上に配置されており、

各ライン(pl)が、アパーチャがない少なくとも一つの第1のセグメント(sf)と、複数のアパーチャを備える少なくとも一つの第2のセグメント(af)とに分けられ、前記第2のセグメントの前記アパーチャは、各々が一つのライン(pl)内で前記アパーチャの幅(w)の複数倍である横方向オフセットだけ互いに離間し、前記第1のセグメント(sf)の長さ(A)が前記横方向オフセットよりも大きく、

10

20

前記第1セグメント(s f)は、隣接する前記第2セグメント(a f)に配置された前記ブランキング手段を制御する制御部を有することを特徴とする装置。

【請求項2】

前記アパーチャが、ライン(p l)の方向と直角にn(n 2)番目のライン毎に繰り返される規則的な配列で、前記パターン描画領域(p f)内に配置されていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

【請求項3】

n = 3、4又は5であることを特徴とする、請求項2に記載の装置。

【請求項4】

前記ラインの第1のセグメントが、互いに隣接して配置され、かつパターン描画領域(p f)の幅(L)にまたがる一つ又はそれ以上の記憶領域(s f)を形成することを特徴とする、請求項1に記載の装置。

10

【請求項5】

前記ラインが複数ラインをまとめて1つのグループとしたグループ毎に配列され、各グループの第1のセグメントは、ラインの方向に沿って論理ブロック(s 1 - 0、...、s 1 - 9)に分割され、対応する第2のセグメントの前に連続的に配置された前記論理ブロックの各々は、制御論理を含み当該第2セグメントのために働くことを特徴とする、請求項4に記載の装置。

【請求項6】

前記ブランキング手段が、アパーチャと関連する偏向手段(2 2 1)を制御するための情報をバッファリングする記憶手段(s t a)を備えており、前記記憶手段が第1のセグメントの領域内に配置されていることを特徴とする、請求項1に記載の装置。

20

【請求項7】

前記粒子ビームの方向に見てブランキング手段(2 0 2)の前段に、複数の開口部(2 1 0)を有するカバー手段(2 0 1)が備えられ、各開口部がブランキング手段のそれぞれの開口部(2 3 0)に対応しており、該カバー手段の開口部(2 1 0)の幅(w 1)が、ブランキングアレイ手段の開口部(2 2 0)の幅(w 2)よりも小さい請求項1に記載の装置。

【請求項8】

アパーチャアレイ手段(2 0 3)が粒子ビームの方向に見てブランキング手段(2 0 2)の後段に配置されていることを特徴とする、請求項7に記載の装置。

30

【請求項9】

カバー手段(2 0 1)がブランキング手段(2 0 2)以外のユニットとして実施されることを特徴とする、請求項8に記載の装置。

【請求項10】

前記吸収面が、アパーチャアレイ手段(2 0 3)の表面によって実施されることを特徴とする請求項8に記載の装置。

【請求項11】

アパーチャアレイ手段(2 0 3)が、アパーチャ(2 3 0)によって明確化されたビームに対して変化する長さを有する補正レンズとして作用する変化する厚み(t 3)からなるアパーチャプレートであることを特徴とする、請求項8に記載の装置。

40

【請求項12】

アパーチャアレイ手段(2 0 3)が、各アパーチャ(2 3 0)の後段に、それぞれのアパーチャによって明確化された各ビームに対する補正レンズとして作用する開口空間が備えられ、前記開口空間が、アパーチャ(2 3 0)によって明確化されたビームに対する変化する補正レンズ強度を規定する変化する幅(e 3)をさらに有することを特徴とする、請求項8に記載の装置。

【請求項13】

粒子ビームの方向に見てブランキング手段(2 0 2)の前段にアパーチャアレイ手段(2 0 3)が配置され、前記吸収面が、パターン描画手段(1 0 2)の後段に配置されたス

50

トッププレート(204)によって実施されることを特徴とする、請求項7に記載の装置。

【請求項14】

カバー手段(201)がアパーチャアレイ手段(203)以外のユニットとして実施されることを特徴とする、請求項13に記載の装置。

【請求項15】

パターン描画手段(102)が、ブランキング手段(202)の後段に配置された補正レンズ手段(205)をさらに備え、前記補正レンズ手段が静電レンズのアレイを備え、各静電レンズが、カバー手段(201)の開口部(210)を通して投射されたビームに対して作用することを特徴とする、請求項7に記載の装置。

10

【請求項16】

補正レンズ手段(205)が、ブランキング手段(202)及びアパーチャアレイ手段(203)の両方の後段に配置されていることを特徴とする請求項15に記載の装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、強力な荷電粒子のビームによって、基板の表面にパターンを形成するマスクレス粒子ビーム露光装置に関する。具体的には、本発明はパターン描画手段及び該パターン描画手段を用いた露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

特に、パターン描画手段は、荷電粒子のビームによって照射され、該ビームを複数のアパーチャを介してのみ通過させる、粒子ビーム露光装置においてパターンを描画する装置である。パターン描画手段は、アパーチャを通過するビームの形状を明確にする、複数の同一形状のアパーチャを有するアパーチャアレイ手段と、選択されたビームの通路を塞ぐブランキング手段とを備える。このブランキング手段は複数の開口部を有し、各開口部は、アパーチャアレイ手段のそれぞれのアパーチャに対応し、かつ該開口部を介して照射された粒子をその経路から外して露光装置内の吸収面に偏向させるように制御可能な偏向手段を備えている。

20

【0003】

換言すれば、粒子ビームは、同一点から発する、あるいは選択的にテレセントリックな粒子のビームを生成する照明系によって生成され、このビームは、各アパーチャを通して該ビームの粒子の通過を可能(通路を開く)にするか、または通過を無効化(通路を閉じる)するように制御できるアパーチャのアレイを有するパターン描画(PD; pattern definition)手段を照光する。このビームは、開口したアパーチャを介してブランキングアパーチャを透過して、開口されるアパーチャの場所的な配置に代表されるパターン情報を有するパターン化された粒子ビームを形成する。そして、パターン化されたビームは、粒子光投影装置によって、透過アパーチャのイメージが形成される基板上に投影される。

30

【0004】

この種の露光装置の一つの重要な用途は、半導体技術において描画装置として用いられる粒子ビーム描画の分野である。シリコンウェーハ上に描画される回路層等の基板表面に所望のパターンを描画するために、該ウェーハは、感光性フォトレジスト層によって覆われる。そして、所望の構造は、描画装置によってフォトレジスト上に描画される。このようにパターンが描かれたフォトレジストは、直前の露光工程で描画されたパターンにしたがって一部が除去され、エッチング等の以後の構造プロセスのためのマスクとして使用される。このスキームを繰り返すことにより、集積回路のような複雑で微細な構造を形成することができる。

40

【0005】

Araiらの米国特許第5,369,282号では、パターン描画手段の役割を演ずるい

50

わゆるブランキングアパーチャアレイ (BAA; blanking aperture array) を使用する電子ビーム露光装置について論じられている。BAAは、多数の横方向のアパーチャを有し、該アパーチャのイメージは、アパーチャの配列と直角な方向の制御された連続的な動きによって、基板の表面上にわたって走査される。上記配列は、アパーチャが、走査方向に沿って見て互い違いのラインを形成するような組み合わせ方法で、互いに位置合わせされる。従って、上記互い違いのラインは、基板に対して移動しているときに隙間を残すことなく、基板表面に連続的なラインを描き、その結果、基板上の露光すべき全領域をカバーする。米国特許第5,369,282号では、全ての2番目の行のアパーチャは位置合わせされ、一つの行における隣接するアパーチャのピッチは、一つのアパーチャの幅の2倍であり、一般に、横方向の位置合わせは、何れかの数字nに基づいて可能であり、そのためピッチは一つのアパーチャの幅のn倍である。電子照射のみのために設計されたAraiらのBAAは、個々のアパーチャを扱うために、複雑な接続回路を用いている。さらに、基板上をビームが移動するという事実は、電子光イメージングに対して、イメージング収差等の問題を起こす。

#### 【0006】

J. Vac. Sci. Technol. (1997) の2382~2386頁におけるI. L. Berryらの論文には、 $n=4$ の行のアライメント及び互い違いのラインを有する $5\mu\text{m}$ の側長の、 $3000 \times 3000$ のアパーチャのアレイを有する「プログラマブルアパーチャアレイ」を備えるPD装置が記載されている。該アパーチャアレイは、論理回路を追加的に含み、それによって、シフトレジスタによってパターン情報が、一つのアパーチャから一つの行の次ぎのアパーチャへ流れる。上記論文は、BAAのアパーチャを基板上に描画する、200倍に縮小投影するイオン光装置を用いることを提案しているが、そのような縮小投影がどのようになされるかについては示していない。

#### 【0007】

Araiら及びBerryらのPD/BAA装置においては、いくつかの未解決の問題がある。それらのうちの一つは、該アレイの耐用寿命を危険にさらす粒子の照射によるアパーチャアレイへの損傷であり、これは、精巧な電子回路を含むPD/BAA装置ゆえに深刻な問題である。他の深刻な問題は、PD/BAA装置に関して構造を小型化することであり、配置場所の不足を生ずる。

#### 【0008】

##### 【発明が解決しようとする課題】

本発明は、従来技術の上述の欠点を克服することを企図する。特に、Berry等によって提案されたようなPD装置の基本的な配置が、有効な方法によって改良されるであろう。

#### 【0009】

##### 【課題を解決するための手段】

上記課題は、ブランキングアレイ手段及びアパーチャアレイ手段上において、アパーチャが、アパーチャの複数の互い違いのラインからなるパターン描画領域内に配置されており、各ラインが、アパーチャがない第1のセグメントと、各々が横方向オフセット(アパーチャ領域)だけ互いに離間した多数のアパーチャを含む第2のセグメントとを含んでおり、横方向オフセットが、アパーチャの幅の複数倍であり、第1のセグメントの長さが横方向オフセットよりも大きいパターン描画手段による本発明に従って解決される。

#### 【0010】

アパーチャは、一般に、ラインの方向と直角に $n(n \geq 2)$ 番目のライン毎に繰り返される規則的な配列で、パターン描画領域内に配置されている。このnの数字は、例えば3又は4であり、また特に5が適している。

#### 【0011】

本発明の好適な実施においては、上記ラインの第1のセグメントは、互いに隣接して配置され、かつパターン描画領域の幅にまたがる一つの記憶領域(またはいくつかの記憶領域)を形成する。この場合、上記ラインは(組織的に)複数ラインをまとめて1つのグル

10

20

30

40

50

ープとしたグループ毎に配列され、各グループの第1のセグメントは、ラインの方向に沿って論理ブロックに分割され、対応する第2のセグメントの前に連続的に配置された前記論理ブロックの各々は、制御論理を含み当該第2セグメントのために働く構成とすることができる。

【0012】

また、ブランキング手段は、アパーチャと関連する偏向手段を制御するための情報をバッファリングするバッファ手段を備えている。そして、それらの記憶手段は第1のセグメントの領域内に配置されている。

【0013】

本発明の次ぎの態様は、特に、描画ビームから過酷な照射にさらされるという事実にもかかわらず、精巧な（即ち高価な）回路を含むと同時に、長期間持ちこたえることのできるPD装置を提供する問題に関する。この問題は、粒子ビームの方向に見てブランキング手段の前段に、複数の開口部を有するカバー手段が備えられ、各開口部がブランキング手段のそれぞれの開口部に対応しており、該カバー手段の開口部の幅が、ブランキングアレイ手段の開口部の幅よりも小さいPD装置によって解決される。このようなカバー手段の導入は、ブランキング装置の照射の問題を解決するが、特に、ビームの形状及びパターンの制御に関して、パターン化されたビームの描画を妨げない。

【0014】

好ましくは、カバー手段は、アパーチャアレイ手段以外のユニットとして実施される。また、アパーチャアレイ手段は、好ましくは、粒子ビームの方向に見てブランキング手段の後段に配置されおり、（ビームがその経路から偏向されたときに向けられる）吸収面は、アパーチャアレイ手段の表面によって実施される。

【0015】

ビームに個別にイオン光補正を導入するために、アパーチャアレイ手段は、アパーチャによって明確化されたビームに対して変化する長さを有する補正レンズとして作用する変化する厚みからなるアパーチャプレートである。別法として、アパーチャアレイ手段は、各アパーチャの後段に、それぞれのアパーチャによって明確化された各ビームに対する補正レンズとして作用する開口空間が備えられたアパーチャプレートであり、該開口空間は、アパーチャによって明確化されたビームに対する変化する補正レンズ長を規定する変化する幅をさらに有する。

【0016】

他の有利な変形例においては、粒子ビームの方向に見てブランキング手段の前段にアパーチャアレイ手段が配置され、上記吸収面が、パターン描画手段の後段に配置されたストッププレートによって実施される。

【0017】

本発明の別の展開においては、PD手段は、ブランキング手段の後段に配置された補正レンズ手段をさらに備え、このような補正レンズ手段は、例えば、イメージ領域の歪み等の光欠陥を補正するのに有用である。この補正レンズ手段は静電レンズのアレイを備え、各静電レンズは、ブランキング手段の開口部を通して投射されたビームに対して作用する。補正レンズ手段は、ブランキング手段及びアパーチャアレイ手段の両方の後段に配置することができる。

【0018】

本発明の別の態様は、特に、微少の特徴寸法の構造を基板上に形成する必要性と、最少のスペースを要する複雑な回路を有するPD装置を提供する要望とを組合わせた装置を実施するという問題を扱う。パターン化された粒子ビームを横切って基板を横方向へ連続的に移動させて、パターン化された粒子ビームに対して基板の異なる部分を露光する基板保持手段と、基板上に形成される所望のイメージ及び基板の連続的な動きに従って選択されたアパーチャの閉塞を制御する制御手段とを有する露光装置において特に発生するこの問題は、少なくとも2つの連続する縮小投影部を備える投影装置であって、各投影部が、クロスオーバを介してパターン化されたビームを投影して横方向の幅が減じられたビームを生

10

20

30

40

50

成し、第1の投影部が透過アパーチャの中間イメージを形成し、該イメージが次の投影部によって基板表面に投影される投影装置によって克服される。この複合投影装置は、例えば200倍以上の高縮小倍率を示すと共に、光欠陥に関して高品質の光学系を保持する。上記の縮小倍率を投影段の配列に設けることによって、投影装置の全長を実質的に減らすことができる。

【0019】

この場合、上記複合投影装置に加えて、アパーチャアレイ手段が、粒子ビームの方向に見て、ブランキング手段の前段にさらに配置されており、また、吸収面は、パターン描画手段の後段に配置されたストッププレートによって実施され、該ストッププレートは、第1の投影装置のクロスオーバーの位置に有利に配置することができ、該ストッププレートは、この位置におけるパターン化されたビームの幅に対応する開口部を有する。

10

【0020】

本発明の他の態様は、空間電荷効果によって、特にPD装置を流れる電流の量が時間が経つにつれて変化する場合の空間電荷効果によって生じるイメージングの問題と取り組む。このような電流の一時的な変化は、一定の電荷が引き起こす不鮮明化と比べて対処するのが難しい画像の不鮮明化及び歪みを時間的に変化させる。この問題は、強力な荷電粒子のビームによって基板の表面上にパターンを形成する方法であって、粒子ビームを生成するステップと、ビームの形状を明確にする、同一形状の規則的に配置された複数のアパーチャを有するアパーチャアレイ手段を用いて、および選択されたビームの通路を閉じるブランキング手段を用いて、多数のビームを生成するPD手段を通して照射し、残りの全部が全体としてパターン化された粒子ビームを形成するステップと、パターン化された粒子ビームを基板表面に投影して、開口したアパーチャのイメージを形成するステップであって、各アパーチャが一定の露光時間の継続期間中の基板表面の画素に対応するステップとを備え、アパーチャのサブセットが、露光時間の何分の一の間開口し、かつ該露光時間の残りの時間中は閉じられており、それに伴って基板表面の画素の露光の閾値より低い値において部分露光が生じ、該閾値が、全露光時間中開口しているアパーチャによって生じる全露光に対応する値よりも低い方法によって処理される。

20

【0021】

本発明に係るこの方法は、基板上に形成される構造パターンを変更することなく、チャージ電流の追加導入を可能にする。露光中の一時期のみ開口されるアパーチャは、与えられたイメージパターンに対して、対応する電流が小さすぎる場合、または対応する電流密度分布が均一でない場合に閉じ込められる。すなわち、それらのアパーチャは、基板上へ対応する画素の照射をもたらすが、照射量が露光の閾値以下の場合には有効な露光をもたらさない。

30

【0022】

電流を一様にするためには、例えば、露光の閾値以下の画素の部分露光に対して適切な数のアパーチャを選択することにより、開口されるアパーチャの数が一定に保たれる場合が有利である。この場合、アパーチャによって占められた領域部に従って、複数のアパーチャがグループに分類され、多数のサブ領域に分類され、サブ領域に対応するアパーチャの各グループ内で、開口されるアパーチャの数が設定されたレベルで一定に保たれ、該設定されたレベルがグループ全体にわたって均一である場合がさらに有利である。好ましくは、そのアパーチャが、アパーチャを有する領域（例えば、アパーチャ領域）の $1/N$ （ $N$ は整数）をカバーするアパーチャアレイ手段が、上述したアパーチャの幅によって分割された横方向オフセットに応じて用いられる。基板とパターン化された粒子ビームとの間の相対運動が実現され、その結果パターン化された粒子ビームの相対的な動きが基板表面にわたって生じ、該ビームは基板表面の隣接する画素の配列に対して有効に移動し、パターン化された粒子ビームの $N$ 個の続く位置で露光された画素が、基板上の目標領域の連続的なカバーリングを形成する。

40

【0023】

特に、基板が連続的に移動される装置と組み合わせて、画素の良好な描画を達成するため

50

に、それによって画像の位置が基板の連続的な動きに対応して基板表面で連続的に横方向に調節される偏向装置を投影装置が備える場合が適切である。該偏向装置は、鋸歯状運動に従って画素の位置を有利に調節することができ、そのため鋸歯の連続する部分（傾斜）間で、画素の位置を基板に対して基板上の各目標領域の位置に維持するように、画素の位置が調節される。

【0024】

【発明の実施の形態】

以下、図示した好適な実施形態を参照して、本発明を詳細に説明する。

【0025】

本発明の好適な実施形態に係る描画装置の全体像を図1に示す。以下において、細部は本発明を開示するために必要に応じて示されており、明瞭化のため、図1において、各構成要素は実際のサイズ通りに示されてはいない。描画装置100の主要な構成要素は、図1の下方に向かって垂直に走る描画ビーム1b、pbの方向に対応して、照光系101と、パターン描画(PD)装置102と、投影装置103と、基板41を含むターゲットステーション104とである。装置100全体は、該装置の光軸cxに沿ってビーム1b、pbが妨げられずに伝搬するのを保障するために高真空に保持された真空ハウジング105内に設けられている。図示の実施形態においては、粒子光装置101、103は、静電レンズを用いて主として描写されているが、電磁レンズ等の他の実装も同様に用いることができることに注意すべきである。

【0026】

照光系は、ガス供給部(図示せず)によって供給されるイオン源11と引出系12とを備える。一実施形態においては、ヘリウムイオン( $He^+$ )が用いられるが、一般に、他の荷電粒子も同様に用いることができることに注意すべきである。(電子銃から放射された)電子は別として、上記粒子は、例えば、水素イオン又は重イオンであり、本開示においては、重イオンは、O、N等のCよりも重い元素のイオン、あるいはNe、Ar、Kr、Xe等の不活性ガスを指す。

【0027】

イオン源11は、例えば、規定の(活動的な)、通常数keV、例えば10keVのエネルギーを有する高エネルギーのイオンを放射する。電子光集光レンズ装置13によって、イオン源11から放射されたイオンは、描画ビーム1bとして機能する、ワイドで、実質的にテレセントリックなイオンビームに形成される。そして、該描画ビーム1bは、その位置(図9及び図10参照)を保持するのに必要な装置と共にPD装置102を構成するPD装置20を照射する。PD装置20は、描画ビーム1bの経路中の特定の位置に保持され、それにより複数のアパーチャ21(図2参照)を照射する。複数のアパーチャのうちのいくつかは、入射ビームを透過するようにオン又は開口され、残りのアパーチャはオフ又は閉じられて、即ちビームに対して非透過性(不伝導性)になる。開口されたアパーチャのパターンは、それらのアパーチャは、該アパーチャから発生するパターン化されたビームpb(図1の装置20の下)になるビーム1bに対して透過性のPD装置の唯一の部分であるので、基板上で露光されるパターンに従って選択される。

【0028】

そして、パターン化されたビームpbによって表わされるようなパターンは、電子光投影装置103によって、開口されたマスクアパーチャ21のイメージが形成される基板41上に投影される。これは、アパーチャでなく、粒子源のイメージが基板上に形成される、Arairaのものと同対照的である。投影装置103は、例えば、2つのクロスオーバーc1、c2を有する、200倍の縮小倍率を実施する。基板41は、例えば、フォトレジスト層で覆われたシリコンウェーハである。ウェーハ41は、ターゲットステーション104のウェーハステージ40によって保持され、配置される。

【0029】

露光装置100は、マスクアパーチャ(イメージ領域、図3)のイメージの位置を、PD領域pf(図2)の側の参照符号26で示す、PD装置で形成される基準ビームによって

10

20

30

40

50

イオン光装置に対して、基板上に安定化させる位置合わせ装置 60 をさらに備える。位置合わせ装置の原理は、米国特許第 4, 967, 088 号に記載されている。該位置合わせ装置は、多極パターン補正と共にリアルタイムフィードバックコントローラを用いて、ステージの動きのずれによるイメージの配置エラーの補正を確実にすることができる。例えば、イメージの配置及び歪みの補正は、多極電極 315、325 によって実施することができる。また、磁気コイル 62 は、基板面でのパターンの回転を生成するのに用いることができる。

#### 【0030】

図 1 に示す本発明の実施形態においては、投影系 103 は、2 つの連続する電子光投影段 31、32 からなる。静電イメージング装置の技術的な実現は、従来技術において、例えば、米国特許第 4, 985, 634 号（欧州特許 0 344 646 号）等で公知であるので、投影部 31、32 を実現するために用いる静電レンズは、象徴的な形状で図 1 に示す。第 1 の投影段 31 は、装置 20 のアパーチャの面を、第 2 の投影段 32 によって基板表面に交互に投影される中間面 e1 に投影する。中間面 e1 においては、PD 装置の位置にあるように、ビームは実質的にテレセントリックである。両投影段 31、32 は、クロスオーバー c1、c2 を介した縮小投影を用いるので、面 e1 内の中間イメージは反転されるが、基板上に形成される最終イメージは（非反転の）正しいイメージである。縮小倍率は、両投影段に対して 1.4 倍であり、全体で 200 倍の縮小倍率になる。この程度の縮小投影は、PD 装置の小型化の問題を高めるために、特に描画機構に適している。

#### 【0031】

第 1 の投影段 31 の後段において、ビーム幅は、例えば、 $L = 60 \text{ mm}$  の PD 領域 pf（図 2）の最初の幅から中間面 e1 における約 4 mm に減じられる。この結果、第 2 の投影段 32 の電子光部品の寸法を、ビーム幅と同じ縮尺に減じる必要がないので、レンズ要素を、ビームに対してより大きく実施することができ、それによりレンズの欠陥及び投影収差のより容易な処理が可能になる。例えば、イオン源と基板との間の全長が約 2 m の場合、第 2 の投影段のクロスオーバー c2 の後段の最終レンズの焦点長は、約 20 mm に短くすることができる。これにより、空間電荷相関が小さな影響のみを有するので、例えば 4 ~ 10  $\mu\text{A}$  程度の、処理可能な高イオン電流が可能になる。

#### 【0032】

両投影段において、それぞれのレンズ系は、色収差及び幾何学的収差に対して正しく補正されており、第 1 の投影段 31 の残りの色収差は、第 2 の投影段 32 における電極電位の適切で緻密な補正によって補正することができる。色補正によって、イオン源 11 から放射されたイオン（あるいは一般に荷電粒子）のエネルギーは、 $E = 6 \text{ eV}$  までの比較的高いエネルギーの不鮮明さを有することができる。これにより、品質に対する要求があまり厳密でないイオン源を用いることが可能になり、そのため高電流を放射する。

#### 【0033】

さらに、第 1 の投影段の確率論的なエラーは第 2 の投影段で縮小されるので、主にクロスオーバー c1、c2 での粒子の相互作用による確率論的なエラーの影響は減じられ、第 2 の投影段における確率論的なエラーは、基板表面からの第 2 のクロスオーバー c2 の距離が小さいので、影響はほとんどない。

#### 【0034】

イメージを横方向にシフトする手段として、即ち、光軸 cx と直角な方向に沿って、偏向手段 315、325 が一方のまたは両方の投影段に設けられている。該偏向手段は、例えば、図 1 に示すように第 1 段の偏向手段クロスオーバーの近くに配置されるか、あるいは図 1 の第 2 段の偏向手段 325 の場合のように、各投影段の最終レンズの後段に配置される多極電極装置として実現することができる。この装置においては、多極電極は、ステージの動きに関してイメージをシフトする、および位置合わせ装置に関連してイメージング装置を補正する偏向手段として用いられる。

#### 【0035】

図 2 は、PD 装置 20 のアパーチャの配置の平面図を示す。隣接するライン p1 に沿って

10

20

30

40

50



アパーチャ 21 が一直線に並べられる規則的な配列で PD 領域  $p f$  内に配置される複数の矩形のアパーチャ 21 が設けられ、各ライン  $p l$  には、同数のアパーチャが存在する。ライン  $p l$  と直角な方向に沿って見て、アパーチャは、列  $r 1$ 、 $r 2$ 、 $r 3$  のシーケンスを構成する。即ち、図示の実施形態においては、列  $r 1 \sim r 3$  は隣接しておらず、互いに離間している。アパーチャは、米国特許第 5,369,282 号と同様に、斜めに規則的な配置に従って、アパーチャ領域  $a f$  内に配置されているが、異なる数値を有する列及びラインオフセットを有する。隣接する列間のピッチ  $p n$  は、アパーチャの幅  $w$  の 3 倍であり（例えば、 $p n = n \times w$ ）、隣接する列間のオフセット  $p m$  は、アパーチャの幅の 4 倍であるので（即ち、 $m = 4$  の場合、 $p m = m \times w$ ）、全ての 3 番目の列のアパーチャは、一直線に並んでいる（ $n = 3$ ）。ライン  $p l$  内において、アパーチャのオフセットは、 $n \cdot p m = 12$  である。従って、アパーチャは、領域  $p f$  の面積の  $1 / (n \times m) = 1 / 12$  のみをカバーし、図 3 に示すように、一度に、 $n \times m = 12$  の画素の中から一つのみを露光することができる。残りの画素は、基板をアパーチャのイメージに対して走査方向  $s d$  に沿って移動させる手段によって、後続のステップで露光される。アパーチャ 21 の場所的配置及びアパーチャを制御する回路の配置は、図 9 ~ 図 13 を参照して詳細に説明する。

10

## 【0036】

図 3 は、基板上に形成されたイメージ領域  $m f$  を示すが、分かりやすくするため、この図では、全てのアパーチャが開口されていると仮定する。イメージ領域の幅  $f w$  は、投影系の縮小倍率によって減じられた PD 領域  $p f$  の幅  $L$  である。イメージ領域は、複数の画素（ピクセルともいう） $m \times$  からなる。図示の基板上的イメージ領域の位置の場合、アパーチャアレイの各アパーチャ 21 は画素  $m \times$  に対応するが、アパーチャは、PD 領域面積のうちの一部のみをカバーするので、画素の数のうちの対応する一部のみ（図 3 でハッチングした部分）を一度に露光することができる。残りの画素も露光するために、基板は、イメージ領域を基板上でシフトさせるように、ビーム下で移動される。図 3 a は、可能な  $12 (= n \times m)$  の位置を通る基板の動きの連続する位置におけるピクセルの露光を示し、該ピクセルは、 $a \sim l$  の参照符号が付けられている（ハッチングしたピクセルは位置  $a$  である）。イメージ領域  $m f$  全体は、基板表面の全領域をカバーするように、基板 41 として機能する、フォトレジストで覆われたウェーハの表面上を移動される。図 4 に示すように、移動距離を最少化するために、走査方向  $s d$  は、一つの走査ライン  $s l$  から次のラインへ互い違いになっている（左から右に次は右から左へと交互に行を進める動き）。

20

30

## 【0037】

電子的アライメント及び位置合わせ装置としての使用を除いて、偏向手段 315、325 は、移動しながら基板上に描画するプロセス中に発生する、走査方向  $s d$  でのピクセルの横方向のじみを補正するのに使用することができる。この場合、好ましくは鋸歯状の輪郭を有し、PD 装置 20 のブランキング手段（図 11 ~ 図 13）のトグル周波数と等しい周波数を有する周期的な静電領域が適用される。

## 【0038】

イオンビーム  $p b$  は、基板が該ビームの下方を移動している間の描画プロセス中は、定位置に実質的に保持される。本発明によれば、偏向装置 315、325 は、鋸歯状の動きに従って、イメージの位置を調節する。ピクセルの露光時間中、アパーチャのイメージは、一つのピクセルの動きに追従するように偏向され、その結果、該アパーチャイメージは、各ピクセル上、又は同等のものにおいて不変のままであり、アパーチャアレイのイメージは、各目標領域の位置での基板表面に対してその位置を保持する。このことは、鋸歯の連続部分に対応する。即ち、それらの連続部分の間で、該鋸歯はイメージを、その時まで元のフレームの位置をとっている、目標領域の次のフレームの位置に向け直すために、「跳び戻る」。

40

## 【0039】

ここで説明した実施例においては、最少特徴寸法は  $50 \text{ nm}$  であり、ピクセル幅  $x$  として定義される、ウェーハ上に照光される最少スポットは  $25 \text{ nm}$  である。イメージ領域幅  $f$

50

wは300 μmであり、(上述の)200倍の縮小投影装置と共にイメージ領域を形成するために、矩形状PD領域は、L=60mmの幅を有する。従って、ラインplの数は、 $L/w=12000$ であり、12000ビット・ストリームが、入力データ・ストリームによってアドレス指定される。交差方向において、列r1~r3の各々に、 $fw/(n \cdot x)=L/(n \cdot w)=4000$ のアパーチャがある。ラインplの領域の3/4のみが実際にアパーチャのために用いられるので(図9ffによっても更に以下に説明する)、各ラインplにおけるアパーチャの数は、 $(3/4) \cdot L/(n \cdot pm)=750$ である。従って、PD領域は、幅及び長さw=5 μmである、 $3 \times 4000 \times 750=9 \cdot 10^6$ 個のアパーチャからなる。

#### 【0040】

レジスト感度が $12 \mu C/cm^2$ 、クロック速度が40MHz、PD装置に流す全電流が $144 \mu A$ だとすると、走査速度は1m/sになる。この値は、(口径300mmの)ウェーハの、13.6枚/hのスループットに相当し、各ウェーハは、913の走査ラインからなる(80秒間はウェーハの交換や位置合わせ時間のための休止時間と仮定する)。開口したアパーチャを流れる電流 $I^A$ は、約1pAであり、 $0.16 A/cm^2$ の電流密度をウェーハ上に生成する。そして、75 μmの露光時間後に、 $12 \mu C/cm^2$ のフルピクセルドーズが得られる(走査ラインに沿って合計3000以上のアパーチャ)。一つのピクセルの一回の露光の継続時間 $t_A$ (以下でも説明する)は25nsである。必要なデータ速度は、 $12000 \text{ピクセル} \times 40 \text{MHz} = 480 \text{GHz}$ である。

#### 【0041】

図2~図4に示すPD領域pfの実施例で使用したパラメータn、m、w等は、上述した数値の代わりにそれぞれ他の数値もとることができることに注意すべきである。特に、列の位置合わせ数nやピクセル繰り返し数mは同じである必要はなく、それぞれ、2以上の、例えば3、4、6、8、10、16等の数値をとることができる。一つのイメージ領域行におけるピクセルの数は、イメージ領域の幅fwと一つのピクセルmxのピクセル幅xとの比によって決まり、同様に後者の寸法も所望の最少特徴寸法によって決まる。

#### 【0042】

図5は、露光装置100のPD装置102を示し、即ち、図5aは上面図であり、図5bは断面図である。図6は、PD装置102の一つのアパーチャの構造を詳細に示すものである。PD装置102は、積層状に設けられた多数のプレート22を備える。本発明に係るPD装置102は、各構成要素が各々の機能を果たす一つの複合装置として実施される。各プレート22は、公知の微少構造技術によって構造が形成される、半導体(特にシリコンの)ウェーハとして実施される。描画ビームは、PD領域pf(図5)内のアパーチャのアレイを通して該プレートを通り抜ける。各アパーチャは、プレート22内に画定された開口部210、220、230の組に対応する。

#### 【0043】

各プレート22の厚さは約100 μmであり、それら相互の距離は、100 μm~1mm程度である。熱伝導性を向上させるために、ブランキングプレートの厚さは、例えば2mmまで増加させ、それによって縁部を冷却して集積回路で発生した熱を放熱させるのが有利である。図5b及び図6においては、縦軸(装置の光軸と平行なz軸)方向の寸法は拡大してあり実際のサイズではないことに注意すべきである。

#### 【0044】

ビームのブランキングは、開口部220のアレイを備え、各開口部が一つのブランキング領域bfにおいて一つのアパーチャに対応するブランキングプレート202として実施されるブランキング手段によって制御される。各開口部220は、ビームブランキング電極221と、電極221を制御する回路222との組を備え、これらは、例えば、ブランキングプレート202の上部の表面層に設けられている。以下に説明するようにアパーチャ偏向プレートとして機能するブランキング電極221は、最先端技術を用いた垂直成長によってブランキング開口部内に形成される。

#### 【0045】

10

20

30

40

50

描画ビームの方向に見て、ブランキングプレート202の前段には、カバープレート201として実施されるカバー手段が、ブランキングプレート202を保護するために、特に回路222を照射損傷から守るために設けられている。カバープレート201は、入射する描画ビーム1bの大部分を吸収する。即ち、粒子は、ブランキングプレートの開口部に対応するアレイ内に形成された開口部210のみを通過することができ、該開口部は、ブランキング領域bfの全領域のうちの一部のみを構成する。例えば、10keVのヘリウムイオンの照射密度が $4\mu\text{A}/\text{cm}^2$ の場合、カバープレートに加わる熱負荷は、約 $40\text{mW}/\text{cm}^2$ である。この加熱は、(図1のPD装置cfの前段に配置された冷却要素29と共に)カバープレートの表面からの放熱により補償され、また、その厚さが、熱伝導による冷却を確実にするのに十分な厚み、例えば少なくとも $50\mu\text{m}$ に選定されたカバープレートからなる、例えばシリコンのバルク材211を通る熱伝導によっても補償される。有利には、カバープレート201は、使用される粒子照射に対して高耐性の材質からなる、特にヘリウムに対して用いられる、金属性又はカーボン層等の保護層212を備えている。それ自体その開口部の精度があまり要求されずに形成でき、かつ容易に交換することができるカバープレート201は、その複雑な回路ゆえに実質的により高価であるブランキングプレート202への照射負荷を除去する。

10

## 【0046】

ブランキングプレート202の開口部220の幅 $w_2$ は、カバープレート201の開口部210の幅 $w_1$ よりも大きいので、開口部によって明確化されたビームbmは、ブランキングプレート202上の制御回路222に影響を及ぼすことなく、開口部を通過する。例えば、幅 $w_2$ は( $w = 5\mu\text{m}$ のアパーチャの画成幅と比較して)  $7\mu\text{m}$ であり、ブランキング電極の高さと幅の比が1:2.7である。

20

## 【0047】

PD装置102は、ビームを横方向に明確化するように機能し、かつここでは幅 $w_3$ を有する開口部のアレイを有する終段アパーチャプレート203として実施される、アパーチャアレイ手段をさらに備える。即ち、該開口部は、(カバープレート201の初段の開口部ではなく)(図2の開口の幅 $w$ のアパーチャに対応して)PD装置102から発生するビームの横方向形状を明確化する、幅 $w_3$ のアパーチャ230である。そのため、図5~図8を参照した説明においては、「アパーチャ」という用語は、ビーム明確化アパーチャ230によって明確化される形状及び幅 $w$ (図2)からなる開口部に転換され、これとは対照的に、「開口部(opening)」という用語は、一般的な用語として用いられている。ビームの横方向の描画を高精度で保障するために、上記開口部は、後退縁部234を有する。最終段のプレートの寿命を延ばすために、該プレートは、保護層242、例えば、抗イオン材として適当な金属を使用した層で覆われている。上記アパーチャプレートは、例えば、1に近い高熱放射率を有する冷却面を備えた第1の投影段の冷却電極を用いた、PD装置102の後段に設けられた冷却要素28(図1)からの放熱によって冷却される。ビームbmは、ブランキング電極221が通電されていない場合、経路p1に沿ってプレート22の連続する開口部を通過する。即ち、このことは、アパーチャがオンされている状態に相当する。オフされたアパーチャは、上記電極を通電して電圧を印加することによって実施される。この状態において、ブランキング電極221は、ビームbmを経路p1から外して偏向させるので、該ビームはプレート203の最終段のアパーチャを通過することができず、アパーチャ230の側の位置で吸収される。

30

40

## 【0048】

好ましくは、走査方向に沿って連続するアパーチャの場合、上記ビームは、対向する方向 $p_0$ 、 $p_0$ に交互に偏向される。即ち、方向 $p_1$ (アパーチャのオン状態)と方向 $p_0$ 、 $p_0$ (オフ状態)間のスイッチング時間が限定された時間を取り、かつオフされた経路 $p_0$ 、 $p_0$ を交互にすることが、画素の一方が他方よりも強く露光されることを防ぐことになるので、この方法は有用である。

## 【0049】

図5bを見てわかるように、カバープレート201及びアパーチャプレート203は、そ

50

れぞれ、PD装置の最初及び最終段のプレート22である。このことは、描画ビームの照射を受けることになるプレートが2つのプレートのみなので、優れた特徴である。従って、それら2つのプレートのみを所定期間毎に交換すればよく、他のプレートは交換の準備をする必要がない。

【0050】

変形例においては、カバープレート及びアパーチャプレートの機能は、ビームの形状を明確化するアパーチャを有するPD装置の第1のプレートとして配置される一つのプレートに組込んでもよい。しかし、好ましくは、ビームの形状を明確化するアパーチャは、カバープレートと分離された装置に設けられる。入射粒子によって生じる照射負荷が、照射誘導の熱及び構造の変化による実質的な歪みを引き起こし、独立したカバープレートの準備により、アパーチャプレートに対するこれらの歪みの影響を実質的に減じられることに注意すべきである。

10

【0051】

本発明の他の利点として、ブランキングプレート202とアパーチャプレート203との間の距離を、例えば1mm以上に大きくすることができる。ブランキング電極221に印加される電圧を小さくすることができるので、(このことが経路p1からの偏向の角度を小さくするので)アパーチャプレート203までの距離を大きく選定され、大きなブランキングアパーチャ距離は、ブランキング電極制御によって、絶縁及びクロストークの問題を軽減することの助けとなる。

【0052】

アパーチャプレート203の前段に、偏向ビームの吸収が起きる追加的なストッププレート(図示せず)を設けることができる。該ストッププレート内の開口部の幅は、ビームの明確化を妨げないように、アパーチャの幅よりも大きくする。ブランキングプレート202を保護するカバープレート201と同様に、その開口部があまり精度を要求されないこのようなストッププレートは、アパーチャプレート203に入射する照射のレベルを低く保つように作用する。

20

【0053】

PD装置102はさらに、投影系の幾何学的収差の補正のための補正レンズ手段205を備える。該補正レンズ手段は、それぞれ図6及び図7に示すように、アパーチャプレート203の前段又は後段に配置することができ、アパーチャアレイに対応する開口部のアレイを各々有する、連続するプレート251、252として実施される。図示の実施形態においては、異なる電圧がプレート251、252に印加され、好ましくは、プレート252は、各ビームに対してアインツェルレンズを実現するようにアパーチャプレート203と同じ電圧に保たれる。開口部の幅 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ は、所定の焦点の補正レンズを構成するようになっている。幅 $\phi_1$ 、 $\phi_2$ は、対応するアパーチャの横方向の位置により、装置の全域で適当に変化させても良い。即ち、例えばイメージの領域歪みを補正するために使用することができる補正レンズアレイは、J. Vac. Sci. Technol. B 18(6)の3061~3066頁におけるM. Murakiらの論文に記載されているのと同様に形成される。上記プレートは異なる電圧に接続されているので、例えば、プレート251、252を実施するウェーハの一方の絶縁酸化層によって、それらのプレートを互いに絶縁しなければならない。補正プレート数は2つ以上にすることができるが、一方、PD装置の隣接するプレート、好ましくはアパーチャプレート203と共に視野レンズを実現する単一の補正プレートを設けることもできる。

30

40

【0054】

補正レンズアレイ205は、図6に示すように、アパーチャプレート203の前段に配置することができる。この場合、アパーチャへの粒子の入射角が局部的に変化する。別法として、図7に示すように、補正レンズアレイ205は、アパーチャプレート203の後段に配置することができ、この場合、補正レンズアレイ205は、光学系の焦点長をずらすのに使用することができる。両アレイ205、205の場合、領域歪みによるピクセルのイメージ面におけるサイズの増加を打ち消すことが可能である。

50

## 【 0 0 5 5 】

補正効果は、アパーチャプレート 2 0 3 のアパーチャ 2 3 0 を形成する開口部の幾何学的形状を活用することによっても導入することができる。投影系の第 1 のレンズからアパーチャプレート 2 0 3 の下で電界が実現される場合、各アパーチャ 2 3 0 内及びアパーチャ下の空間は、レンズ効果（いわゆる「アパーチャレンズ」）を有することになる。図 8 を参照すると、このレンズ効果は、プレート 2 0 3 のバルク層の厚さ  $t_3$  の変化によって、あるいは、アパーチャ 2 3 0 の下部の開口部の幅  $e_3$  の変化によって、例えば後退縁部 2 3 4 の制御により、空間的に調節することができる。

## 【 0 0 5 6 】

ビームの方向に見て、ブランキングプレート 2 0 2 がアパーチャプレート 2 0 3 の後段に配置された、コンポーネントプレートの配置の他の変形例を図 8 に示す。ここでは、ブランキング電極 2 2 1 は、アパーチャ 2 3 0 によって既に明確化されたビームを偏向させる。ビームがそのオンされた経路から外れて偏向された場合、該ビームは、アパーチャプレート 2 0 3 の後段に設けられ、かつ実際の PD 装置に対して相当な距離で、例えば第 1 のクロスオーバ  $c_1$  の近くに平らに配置することができる、ストッププレート 2 0 4（図 1）に吸収される。

## 【 0 0 5 7 】

クロスオーバの周囲に設けられたストッププレートは、パターン化されたビーム  $p_b$  の範囲を設定し、不安定な照射を避けるためのものとして公知であることを理解するべきである。本発明のこの変形例においては、上記ストッププレートは、対応するアパーチャがオフされた場合に、通常の経路  $p_1$  から偏向されるビームを吸収するという追加的な仕事を引き受け、かつクロスオーバ  $c_1$  内の偏向されていないビーム束の、口径が例えば 2 mm の開口部を介した通過を可能にする。偏向されたビームのこのいくらか遅延された移動は均質でない空間電荷を生じるが、このことは、クロスオーバ  $c_1$  の近傍領域において、偏向されたビームが偏向されていないパターン化されたビームから充分離れているので、無視してよいことに注目すべきである。図 8 に示す配置の変形実施形態においては、PD 装置の一部としての追加的なアパーチャプレートによって、プレート 2 0 3 のアパーチャよりもわずかに大きなアパーチャを有するストッププレートを実施することができ、該ストッププレートは、入射ビーム  $l_b$  の方向に見た場合、ブランキングプレート 2 0 2 の後段に配置されている。

## 【 0 0 5 8 】

図 8 の配置においては、補正レンズアレイ 2 0 5 を、アパーチャプレート 2 0 3 及びブランキングプレート 2 0 2 の両方の前段に配置することができる。この変形例の配置のさらに変形例においては、上記補正レンズアレイは、アパーチャプレート 2 0 3 とブランキングプレート 2 0 2 との間に設けることができ（図 6）、あるいは両プレートの後段に設けることができる（図 7）。

## 【 0 0 5 9 】

アパーチャプレート 2 0 3 をブランキングプレート 2 0 2 の前段に配置することの主な利点は、照射によるアパーチャプレートの照射（カバープレート 2 0 1 によって明確化されたビーム  $b_m$ ）が一定であり、かつブランキングプレート 2 0 2 内のビームの偏向の状態に無関係であるということである。即ち、アパーチャプレート 2 0 3 内での熱及びその他の照射に起因する影響の制御が容易であり、しかも追加ストッププレートをアパーチャプレートの前段に追加的に設ける必要すらない。

## 【 0 0 6 0 】

さらに、ブランキングプレート 2 0 2 とストッププレート 2 0 4 との間の比較的長い距離により、電極 2 2 1 は、（数  $mrad$ 、例えば  $2mrad$  程度の）小さな偏向角度のみを提供すればよく、それにより、ブランキングプレートの開口部 2 2 0 の幅  $w_2$  の選定及び偏向電極 2 2 1 に対する低電圧の要求が緩くなる。

## 【 0 0 6 1 】

プレート 2 2 は、圧電アクチュエータ又は公知のタイプの微小位置決め要素として実施さ

10

20

30

40

50

れるアクチュエータ 24、25 によって互いに対向して配置されたチャック 23 によって保持されている。垂直アクチュエータ 25 は、スペースを保つためにオフにしておいてもよく、そのためプレート間の位置決めは、単純に互いに積み重ねられたチャック 23 自体の高さによって決まる。図 5 において、例えばアパーチャプレートのチャックのうちの一つは、他のチャックの横方向の位置決めを容易にするようなカップ 233 として形成することができる。好ましくは、プレート 22 及びチャック 23 は、同じ材質、例えばシリコンで、あるいは作動温度範囲内で同じ熱膨張反応を有する材質で形成される。また、上記チャックは、ブランキングプレート 202 及び補正手段 205 (存在する場合) の電源を備えているが、説明簡略化のため、電源ラインは図示していない。

#### 【0062】

プレート 22 において、開口部 26 は、基準ビーム  $r_b$  の明確部を備えている。基準ビーム  $r_b$  の形状は、例えば、アパーチャプレート 203 内の開口部内で明確化され、他のプレートの対応する開口部は、基準ビーム  $r_b$  のための照射を通過させるために十分広くなっている。そして、基準ビーム  $r_b$  及びパターン化されたビーム  $p_b$  は基板面に対して投影されるが、パターン化されたビーム  $p_b$  とは対照的に、基準ビーム  $r_b$  は基板 41 に到達せず、上述したように、位置合わせ装置 60 で測定される。チャック 23 はさらに、該チャック 23 とそれらが保持するプレート 22 との相対的な位置決めのためのアライメントマークとして機能する位置合わせ開口部 236 を有する。

#### 【0063】

ブランキングプレート 202 は、論理回路と、ブランキング電極 221 へ伝送される情報を制御するための配線とを含み、イメージが PD 装置を通過する一方で、PD 装置の最も複雑な構成要素となる。適切に最少化された全ての論理をブランキングプレートの開口部に配置する代わりに、本発明は、PD 領域  $p_f$  の領域を 2 種類の領域に構成することを提案する。即ち、開口部は、関連する給電及びシフトレジスタを含む、第 1 の種類の領域  $a_f$  (アパーチャ領域) 内に配置され、ブランキング開口部の制御のための論理部及び記憶部は、第 1 の種類の領域  $s_f$  (記憶領域) 内に含まれる。以下において、図 9 ~ 図 13 に対して、通常「アパーチャ」という用語は、ブランキングプレート 202 のブランキング開口部を指すために用いられる。

#### 【0064】

図 9 は、本発明による PD 領域  $p_f$  のレイアウトを示す。ブランキング開口部の制御のために要する論理回路は、相当量の記憶素子を備える。上記回路の適切なレイアウトを見出すためのタスクは、完全にオンされたものとオフされたものとの間 (例えばグレイ・レベル 0 と 100%) の多数のグレイ・レベルを実施しなければならないという要求によって悪化する。この要求はさらに、処理すべき情報量を増加させる。例えば 30 のグレイ・レベルを実施するために、少なくとも 5 ビットの情報が各セルに対して処理されなければならない ( $30 \cdot 2^5 = 32$  であるので)。

#### 【0065】

このようなデータ記憶領域をクラスタ内に配置することは空間的に有利なので、BP の一部は、アパーチャホールがない状態にしておかなければならない。この意図に対して、領域  $p_f$  が、多数のアパーチャ領域  $a_f$  及び記憶領域  $s_f$  に細分化される。図 9 の配置においては、領域  $p_f$  は 30 のカラムに分割され、それぞれが、走査方向に対して直角な方向に沿って、PD 領域の幅  $L$  に及ぶ記憶領域  $s_f$  及びアパーチャ領域  $a_f$  を含んでいる。即ち、30 のアパーチャ領域と 30 の記憶領域とがあり、前者は PD 領域  $p_f$  の全面積のうち  $3/4$  をカバーし、後者はその  $1/4$  をカバーしている。各記憶領域の長さ  $A$  は  $0.5 \text{ mm}$  であり、各アパーチャ領域  $a_f$  の長さ  $B$  は  $1.5 \text{ mm}$  である。各アパーチャ領域  $a_f$  は、1 ライン毎に  $750 / 30 = 25$  のアパーチャを含んでいる。各記憶領域  $s_f$  はそれぞれのアパーチャ領域  $a_f$  のアパーチャを制御するように機能し、BP 内に形成されるパターンのデータは、走査方向に沿って領域  $s_f$ 、 $a_f$  を通るので、論理及びアパーチャ領域は、好ましくは互い違いに配置される。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 6 6 】

ブランキングプレート ( B P ) の電子回路要素のレイアウトは、密接に P D 領域 p f の物理的レイアウトに追従する。1 2 0 0 0 のライン p l と 1 2 0 0 0 の口ウとがあるので、 $1 4 4 \cdot 1 0^6$  のセルが形成される。図 2 に示すように、領域 a f 内のアパーチャの ( n x m ) の位置合わせにより、一つのライン p l の 1 2 番目のセル毎に一つのアパーチャを有する。即ち、アパーチャ領域 a f は P D 領域の全面積のうちの 3 / 4 をカバーするので、一つのライン p l 毎に 7 5 0 のアパーチャが存在する。該アパーチャは、ライン間 ( n = 3 ) で 3 つのセルによって互い違いになっており、繰返しパターンを生じている。アパーチャの総数は  $9 \cdot 1 0^6$  である。アパーチャの近傍に一つの集団となっているのは、該アパーチャを制御する電子回路要素である。B P に入る 1 2 0 0 0 のデータラインがあり、それぞれデータをセルからセルへ通過させる。さらに、比較的小数の制御ライン及び電源ラインが設けられている。

10

## 【 0 0 6 7 】

マスクレスリソグラフィーの性質上、大量のデータを B P に通さなければならない。以下においては、B P への 1 2 0 0 0 のデータ入力ポイント e p の各々のデータが備えられ、 $2 4 0 \cdot 1 0^6$  ビット / 秒の速度で使用できるものとする。

## 【 0 0 6 8 】

露光されるウェーハを載せたステージは、 $1 \text{ m} / \text{s}$  の一定速度で移動し、それは走査方向 s d に沿った  $1 \text{ nm} / \text{ns}$  に相当する。 $2 5 \text{ nm} \times 2 5 \text{ nm}$  の面積を有する、ウェーハ上の各スポットは、描画プロセスのために十分なイオンビーム線量を蓄積するために、ステージの一度の通過の間に、一走査ライン中のアパーチャの数である、7 5 0 回まで露光される。これらの連続する露光を単一のステージの移動で達成するために、所定のスポットを表わすデータユニットが、ステージに対応する速度で B P を通過しなければならない。即ち、ステージ速度とデータ速度とは等しい。

20

## 【 0 0 6 9 】

上述したように、全てのスポットは、線量の程度が変化するとき、即ち 3 0 のグレイ・レベルの時に露光可能でなければならない。そのため、(一つのスポットを定義する) データ・セットは、6 ビット、即ち、グレイスケール値を定義するのに必要な 5 ビットと、ラインに沿ってブランキング情報を有するために必要な 1 データビットとで構成されている。各データ・セットは、入力ライン e p のうちの一つを介してシリアルに B P に入力される。そのため、紛失した際の最後において、各データ・セットは、B P ライン全体を介してその途中に保存されなければならない。

30

## 【 0 0 7 0 】

B P に対して 1 2 0 0 0 のデータ入力 e p があり、各ライン p l に対して一つある。データフローを説明するために、以下においては、一つのデータ入力のみを考える。各データ入力は、図 9 の左側に示す側部を介して B P に入力される。一つのアパーチャライン p l と関連する一つのデータラインは、7 2 0 0 0 ビットのシフトレジスタ ( 擬似シフト ) として機能的に説明することができる。データフロー方向により、データは、一方又は他方の擬似シフトに入力される。データフロー方向は、露光されるウェーハを載せたステージが移動する方向に従う。

40

## 【 0 0 7 1 】

$2 4 0 \text{ M}$  ビット / 秒のデータ速度で、一つのラインを構成する大きなシフトレジスタは、共通クロック信号によりクロックしなければならず、その結果、大きな描画エラーはもろろん、容認できない電力損失が発生し、一つのシフトレジスタのみの動作を停止しなければならない。さらに、このようなシフトレジスタのために要するスペースは、提案された寸法内にはない。

## 【 0 0 7 2 】

しかし、全てのデータ・セットは、全ライン p l を介して伝送されなければならない。本発明によれば、大多数の記憶レジスタはシリアルに作動する必要はないので、擬似静的なレジスタのブロックを代用することができることが提案されている。このレジスタのプロ

50

ックは、各アパーチャと関連する記憶領域内に有利に収容される。

【0073】

BP上のアパーチャの各ラインは12000のセルの広さであり、即ち、一つのセルは、ウェーハ上の25nm×25nmのスポット(領域)を表わす。各セルに対して、6ビットのデータが要求され、ラインに沿ってシフトされる。即ち、12000セル×6ビット=72000ビット/ラインである。これは、(アパーチャに隣接するフリップフロップは別として)ライン毎の必要メモリである。図9を見て分かるように、BPは、30の同一のカラムに分割され、それぞれがアパーチャ領域af及び記憶領域sfを備え、該記憶領域は記憶のために保有され、シフトレジスタの機能をエミュレートする。この記憶(及び論理)領域sfにおいては、10のラインに対して、10のダイナミックメモリセルのレイがあり、各メモリセルは、一つのラインの1/30の必要メモリ、即ち2400ビットを供給する。この記憶レイは、各ライン及び各カラムに対して、例えば、360000(=30×12000)回、BP上で繰り返されている。各2400ビットの記憶レイは、BP上の全ての記憶レイに対して同一に、60カラム/40ロウのスキームでアドレス付けされる。

10

【0074】

図10は、アパーチャラインp1に関する記憶領域sfにおける記憶レイの配置を示す。各論理ブロックs1-0、s1-1、...、s1-9、s2-0、t1-0は、10のラインp1の幅を有する。そのため、10のラインpp1からなるセグメントのために働く10のブロックs1-0、...、s1-9は、対応するラインpp1のセットの前に連続的に配置されている。記憶カラム内で、その物理的レイアウトが略正方形である、10の記憶レイのブロックがあるため、それらを最少数のアドレスによってアドレス付けすることができ、各ブロックは、10のデータラインのうちの一つを供給する。記憶レイのうちの各々は、6ビットの深さで400のスポット位置(6×400=2400)を供給しなければならないので、2400の記憶セル(情報のビット)からなる。ライン毎に全体で、400のスポット位置×30カラム=12000スポット位置/ラインになる。

20

【0075】

そのため、BP上の各ラインは、30の記憶レイを割り当てられ、各々は、図10に示す10の記憶レイを備える。各クロック周波数(240MHz)の間に、グレイ・コンパレータ(図14)によって評価された同じオペレーションにおいて、記憶レイの1ビットが読出され、グレイ・コンパレータによる評価/変更後に、同じアドレスで次の記憶レイに記憶される。記憶レイに対するカラム/ロウのデコードは、BP境界内に組込まれておらず、外部にある。240MHzのシステムクロックで同期される自由継続カウンタは、多重化されて、100のアドレスラインを介して全ての記憶レイに同時に供給される。該カウンタは、2400カウンタ後に元に戻る。

30

【0076】

BPの物理的レイアウトに対して、一つの重要な要求は、使用可能なスペースの効率的な使用である。フリップフロップは、2400ビットの記憶レイのための明白な選択であるが、一つのフリップフロップは、DRAMセルに要するスペースの40倍を使用する。そのため、設計においては、修正DRAMが用いられる。これらの修正DRAMセルは、240MHzの高作動速度を有する限りにおいて、通常のDRAMと異なり、即ち、このようなセルは、240MHzの周期で(立ち上がり縁部によって)読み出し、かつ(立ち下がり縁部によって)書き込むことができる。このDRAMセルの他の特別な特性は、記憶レイの何れかのセルに蓄積された情報は、約10µs秒の間だけ有効に保てば良く、即ち、アドレス選択の時間は、元に戻るよう進むので、通常のセルの場合のようにリフレッシュする必要がないことである。電子回路要素の制御に対して、2400ビットの記憶レイは、読み出し/書き込みアンプを使用することで通常のメモリアレイのように機能し、それにより弱いアナログ信号を共通の論理電圧レベルに変換する。

40

【0077】

図11のブロック図は、一つのラインp1に関して、一つの記憶領域sfと、関連するア

50



パーチャ領域 a f の機能を示す。この回路のレイアウトを図 1 2 に示す。ラインのアパーチャの回路 p p 1 - 0 a、p p 1 - 0 b、... に情報を送る論理回路 s 1 - 0 を左側に図示する。2 4 0 M H z のシステムクロック c k の一つのクロック周期の間に、1 ビットのデータが一つの記憶アレイ s 1 - 0 から次のアレイへ流れる。記憶アレイ内の記憶セルのアドレスは、記憶アレイ s 1 - 0 内の個々の記憶セルを公知のロウ / カラムアドレス付けスキームによってアドレス付けし、6 0 のカラム選択ライン c a 及び 4 0 のロウ選択ライン r a を備える、B P の外部の自由継続アドレスデコーダ r c d によって選択される。該アドレスは、2 4 0 0 で元に戻り、全システムの全ての記憶アレイに対して同じである。

【 0 0 7 8 】

新しいデータビットがシリアルライン e s 0 を介して一つのラインに入力されると、それは、( 1 ) 記憶アレイ s t a 内の、デコーダ r c d によってアドレス付けされた記憶位置に蓄積されると共に、( 2 ) 該位置に蓄積されていたビットが読み出されて、評価のためにグレイ・コンパレータ g c に転送される。該グレイ・コンパレータの出力は、2 つのポイントに接続され、一方は 2 4 0 M H z のデータ速度で次の記憶アレイ ( 次の論理回路 s 1 - 1 の入力ライン e t 0 ) につながり、他方は、枝分かれしてアパーチャの回路 p p 1 - 0 a につながる。これは、それぞれ 1 2 段のシフトレジスタ ( 図 1 2 ) を含む、連続する 2 5 のアパーチャ回路 p p 1 - 0 a、p p 1 - 0 b、... のうちの最初である。これらのレジスタは、システムクロック速度 ( = 4 0 M H z ) の 1 / 6 でクロックされるので、入力部 e t 0 に存在するデータの 6 番目のビット毎に記録される。そのビットは、アパーチャのためのブランキング情報 ( ブランキング信号 ) を有している。一つのアパーチャの  
一つのプレートは、2 5 のグループ内の各最初のシフトレジスタに接続されている ( 図 1 3 参照 )。ブランキング情報は、ウェーハの移動速度と同じ速度で、これらのシフトレジスタを通過する。3 0 0 のシフトレジスタを通過した後、ビットは最後のレジスタから除かれて失われる。

【 0 0 7 9 】

図 1 2 には、以下の信号が示されている。クロック信号 c k は、B P を介してデータをシフトするプロセスを維持するマスタークロックである。これは、2 4 0 M H z 5 0 % のデュティサイクルの矩形波である。アパーチャトリガ信号 a t r は、クロック信号 c k から得られる。クロック信号 c k の各全 6 サイクル後に、アパーチャトリガ信号 a t r は、1 サイクルに対して、クロック信号 c k の正の半分の波形になる。この信号は、アパーチャの状態を変化させるのに使用され、その状態を、1 スポットの露光期間の間保つ。アパーチャトリガ a t r は、B P の外部で生成され、システム全体にわたって同期している。

【 0 0 8 0 】

別の信号 d d r ( d a t a d i r c o n t r o l ) は、データがシフトアレイを流れる方向の選択を可能にする。これを図 1 3 に示す。信号 d d r は、ステージの方向 ( 図 4 の左から右、または右から左 ) に従って、データが B P を流れる方向を規定するのに使用される。ステージが完全にウェーハを横切る期間の間、各々の論理状態は維持される。信号 d d r は、各論理ブロックの入力に接続されているスイッチ d d s によって、フロー方向を制御する。各スイッチ d d s の 2 つの入力 i 1、i 2 は、それぞれ、隣接する 2 つのブロックの出力を供給し、それらの 2 つの入力 i 1、i 2 のうちの一方は、信号 d d r によって特定されたデータ方向に従って、スイッチの出力 o s につながれるように選択される。スイッチ d d s の一つの可能な実施を図 1 3 a に示す。( 説明の簡略化のため、図 1 0、1 2、1 4 には、データ方向制御の配線を示していない。 )

データライン e s 0 及び e t 0 に関しては、1 2 0 0 0 のデータラインがあり、それぞれにアパーチャライン p l がある。該データラインは、データ方向制御信号 d d r の状態により、B P に送られるシリアルデータを、B P 内の最初のアパーチャ論理、または最後のアパーチャ論理へ流す。各データラインは、それぞれ、B P の一つのラインに制限され、他のラインへは侵入しない。データは 6 ビットシリアルであり、グレイスケールの L S B によってまずシステムに入力される。

【 0 0 8 1 】

10

20

30

40

50

図14は、グレイ・コンパレータ  $g_c$  を示す。グレイ・コンパレータは、シリアルデクリメンタとして実施される。このデクリメンタは、クロック信号  $ck$  によって起動され、各6番目のクロック周期毎に能動状態になる信号  $atr$  によってリセットされるので、6ビットデクリメンタとして機能する。即ち、ライン  $ss_0$  を介して供給されるデータは、グレイ・コンパレータ  $g_c$  の6個のビットデータブロック内に入力され、そのうちの5個はグレイスケール情報（最初に  $LSBit$ ）であり、6番目のビットは、初めは0である「ブランキングビット」である。グレイ・コンパレータ  $g_c$  は、各アパーチャ論理カラム（図12）の一部であり、そのため、各カラム及び各ライン毎に一つのグレイ・コンパレータがあり、例えば、全てのプレートに対して、 $30 \times 12000 = 360000$  個ある。また、アパーチャに関連するシフトレジスタラインを図14に示す。各シフトレジスタラインは、12のDレジスタを備え、そのうちの最初のレジスタは、各アパーチャブランキング電極  $B-0a$ 、 $B-0b$ 、... を実際に能動化するために使用される。

10

#### 【0082】

グレイ・コンパレータ  $g_c$  の機能を理解するためには、プレートの物理的配置を再び参照することが必要である。簡略化のため、12000のラインのうちの一つのみを考えることにする。各ラインはさらに30のセグメントに分割される（それぞれ25のアパーチャを有し、各セグメントは、一つのアパーチャ領域  $af$  になるラインの一部である）。各セグメントは、30のグレイ値のうちの一つに関連する。最初のセグメントは、グレイ値が0より大きい場合に、そのアパーチャを開口するタスクを有する。2番目のセグメントは、グレイ値が1より大きい場合等に開口するタスクを有する。この機能を最小限の論理で達成するために、最初のセグメントに対する入力ポイントにおけるグレイ・コンパレータ  $g_c$  は、グレイ値を（一つずつ）デクリメントすることによって、受け取ったグレイ値が0より大きいかなかをチェックする。デクリメントされたグレイ値は、グレイ・コンパレータ  $g_c$  を出て、次のセグメントに向かって流れる。グレイ・コンパレータは、各6番目のクロックサイクル毎にアップデートされるブランキング信号  $bs$  も生成する。このブランキング信号  $bs$  は、 $40\text{MHz}$  の速度で、アパーチャからアパーチャへ流れる。グレイ・コンパレータが0までカウントされると、オーバーフローが発生し、6番目のビット、即ちブランキングビットがセットされる。次のセグメントは、該ブランキングビットを検知し、次のアパーチャの開口部を閉じる。即ち、5ビットのグレイスケール情報は、各セグメントにおいてデクリメントされ、関連するアパーチャは、グレイスケール情報が0より大きい間は開口している。

20

30

#### 【0083】

図15～図21に示す本発明の他の変形例は、以下に説明するグレイスケールを生成する異なる方法に加えて、 $n \times m = 2 \times 2 = 4$  による別の位置合わせスキームを用いる。この変形例は、上述の実施形態の代替として、あるいは上述の実施形態と組み合わせて実施することができる。

#### 【0084】

図15は、図2と同様に、本発明のこの変形実施形態に係るアパーチャのPD装置の平面図である。アパーチャ領域内に、口ウ  $rr$  のシーケンスによって構成される規則的な配列で配置された複数の矩形アパーチャ  $21$  が設けられている。この場合、隣接する口ウ間のピッチ  $pn$  がアパーチャの幅  $w$  の2倍であり（即ち、 $pn = 2w$ ）、かつ隣接する口ウ間のオフセット  $pm$  がアパーチャの幅の2倍である（即ち、 $m = 2$  の場合、 $pm = 2w$ ）ので、各2番目の口ウのアパーチャは一直線に並ぶ（ $n = 2$ ）。即ち、アパーチャは、アパーチャ領域  $af$  の面積の  $1 / (n \times m) = 1 / 4$  を一度にカバーし、対応する図16に示すように、 $n \times m = 4$  の画素の中から一つだけが露光される。残りの画素は、基板をアパーチャのイメージに対して「走査方向」 $sd$  に沿って移動させることによって、後続のステップにおいて露光される。

40

#### 【0085】

図16は、図15のアパーチャ配置によって基板上に形成されるイメージ領域  $mf$  を示す。図3の説明を図16に同様に適用する。図16aは、基板の動きのうちの連続する  $n$

50

$x \cdot m = 4$  の位置におけるピクセルの露光を示し、該ピクセルは、それに応じて a ~ d の文字で参照される（ハッチングされたピクセルは位置 a である）。他の点では、図 2 及び図 3 の配置に対する認識が、同様に図 15 及び図 16 の配置に適用される。特に、（図 15 には図示しないが）記憶領域 s f が存在しても良い。

【 0 0 8 6 】

図 17 は、基板上に配置された目標領域のサブフィールド上に描画されるパターン m 1 の実施例を示し、以下、図 21 を参照して説明する。パターン m 1 は、イメージ領域 m f の一部を示し、 $16 \times 16$  のピクセルサイズを有する。実施例のパターンは、対応するアパーチャを開口することによって露光される 2 つのライン p t からなる。図 18 a ~ 図 18 d の図式は、図 17 のパターン m 1 を生成するために、次々に目標領域に形成される描画されたパターン C 1 を示す。全ての透過アパーチャを介して露光されたピクセルを A 1 で示し、不伝導性（非透過の）アパーチャ、即ち露光されないピクセルを A 0 で示す。

10

【 0 0 8 7 】

アパーチャパターン C 1 は、基板の移動中に、アパーチャの異なる位置に従って、パターン m 1 で決定される。図 18 a ~ 図 18 d においては、この動きは、（移動する）基板上に画定された目標領域フレームを介して、（図 18 a ~ 図 18 d のフレーム内の対応する口ウを接続する小さな湾曲した矢印で示すような）アパーチャの動きとして生じる。描画装置内に固定されたアパーチャであり、基板がウェーハ 40 によって移動されることに注意すべきである。また、該動きが図 18 d の図式の後も続く場合、パターンは、図 18 a のパターンに対応する次のアパーチャパターンとして使用されるが、走査方向に沿って、n 個の口ウの 1 セットだけ左にずらされる。パターンをアパーチャを介してアパーチャラインに沿ってずらすこの方法は、パターン m 1 の生成を、基板の移動中に、アパーチャの 1 本のラインにわたって継続することができることを保障する。

20

【 0 0 8 8 】

図 18 に示すようなパターンは、所望のパターン m 1 をアパーチャパターン C 1 の適切なセット内に分配する制御コンピュータ（図示せず）を用いて、PD 装置に送られる。以上のことから、基板表面のピクセルは、多数のアパーチャ、即ち、走査方向に沿ってラインを形成するアパーチャを介して露光することができることが明らかになる。従って、一つのピクセルは、単一の露光継続期間  $t_A$  の間に、一つのオンされたアパーチャが通過する単一の線量  $Q_A = I_A t_A$  を越える線量を受けることが可能であり、 $t_A$  は、一つのピクセル A 1 の露光の継続時間であり、あるいは、一つのフレーム C 1 に割り当てられた時間である。そのため、一つのピクセルは、最大線量  $k Q_A$  で露光でき、k は 1 本のラインにおけるアパーチャの数である。図示した実施例においては、一つのピクセルは、 $4 Q_A$  までの線量を受けることができる。即ち、単一の線量  $Q_A$  は、最大線量  $k Q_A$  が現像の閾値よりも大きいと仮定した場合、特定のピクセルの位置において、基板の現像の閾値（例えばフォトリソ）よりも低く選択することができる。このことは、描画装置における露光時間を削減するのを助け、それはまたシステムのスループットを次々に向上させる。

30

【 0 0 8 9 】

図 18 に示すようなパターンを PD 装置のアパーチャを介してずらすために、シフトレジスタが、上述の Berry らによって提案された PD 装置のブランキング手段内に設けられている。Berry らのレイアウトによれば、 $1 / t_A$  の周期で循環する ( $n \times m$ ) のシフトレジスタが各アパーチャに対して存在する。このレイアウトは、変化するパターン化されたビーム p b の電流によるレンズ収差を低減するために、以下に説明するように、本発明に従って変更される。

40

【 0 0 9 0 】

図 18 から、アパーチャパターン C 1 がフレームからフレームへ変化すること、および PD 装置を流れる全電流を激しく変化させることができることが明らかになる。例えば、図 18 a においては、全電流が  $8 I_A \sim 280 \text{ nA}$  であり、図 18 b においては、全電流が  $3 I_A$  であり、図 18 c においては全電流が  $9 I_A$  であり、図 18 d においては全電流が再び  $3 I_A$  である。このような光学系を通る全電流の変化は、光学系の焦点特性に影響を

50

及ぼす、空間電荷効果及びクーロン斥力が、図18の一つのフレームから次のフレームへ切り替わっているときに激しく変化するため、問題を生じる。

【0091】

本発明によれば、均一な電流密度は、図20に一部ハッチングして示すように（参照符号Aa、Ab）、適切に選択したアパーチャを介してある電流を加えることによって維持される。このことは、全ピクセル線量の一部を各フレーム内の適当な数のピクセルに加えることによってなされ、この一部とは、フォトレジストの現像の閾値以下である。図20a～図20dにおいては、 $9I_A$ が図6a～図6dの基本的なターンにおける最大レベルの電流であるので、図18a～図18dのパターンが、均一な全電流 $9I_A$ を有するように変更されている。現像閾値が例えば、 $3Q_A = 4t_A \times 0.75I_A$ と仮定すると、半分のピクセル線量 $0.5Q_A = 0.5t_A \times I_A$ を有するピクセルが、図20a～図20dの各パターンに付加される。図19は、目標領域のサブ領域内に結果として生じる露光パターンmpを示し、準閾値露光を受けるピクセルxa、xbが一部ハッチングによって示されている。

10

【0092】

追加的なピクセル線量の一部は、通常0と1の間であり、（通常、露光される基板の）フォトレジストの現像閾値以下に適切に選定される。好ましくは、整数の逆数、即ち、 $1/2$ 、 $1/3$ 、 $1/4$ などが用いられる。

【0093】

追加的な電流は、対応するアパーチャを、時間 $t_A$ の一部の間にオンすることによって実施される。ここで、対応するアパーチャAa、Abは、ピクセルが実際にアパーチャを介して露光される期間に関して、ピクセルxa、xbを露光するのに使用されるアパーチャである。例えば、 $1/2$ の透明性（あるいは、一般に $1/p$ ）の場合、 $2(p)$ 種類のピクセルが選択される。ピクセルxaの露光の時間の間、各アパーチャAaは、露光時間 $t_A$ の継続時間のうちの最初の半分（最初のp番目の部分）の間オンされ、残りの半分（残余部分）の間はオフされる。第2の種類のピクセルxbの場合、整合するアパーチャAbは露光時間 $t_A$ の第2の半分（第2のp番目の部分）の間のみオンされる。 $1/2$ 以下の場合には、別の種類のピクセルが、露光の残りの部分（第3のp番目の部分など）のために導入される。露光時間の半分（ $1/p$ ）の間だけアパーチャをオンする方法は、PD装置のブランキング手段内にアパーチャを備えたシフトレジスタの数を2倍にする（係数pを掛ける）ことによって実施することができる。基板の動きをパターンの動きと一致させるためには、ブランキング手段を介して（より厳密には、シフトレジスタを介して）シフトされるので、シフトレジスタのクロック周波数を $2/t_A$ （または $p/t_A$ ）まで倍加するか、あるいは、基板の動きを2倍だけ（あるいは、一般にp倍）遅くする。部分露光を達成するための代替の方法は、イメージのグレースケールコーディングである。グレースケールピクセル、例えば5ビットのグレースケール（=32レベル）は、 $5 \times (n \times m)$ ビットのシフトレジスタによってブランキング手段を介してシフトすることができる。

20

30

【0094】

図17～図20を参照して上述した、電流レベルを均質化する処理は、全イメージ領域に対して一度になすことができるが、好ましくは、図21に示すように、イメージ領域mfがそれに分割された複数のサブフィールドmsの各々に対してなされる。例えば、イメージ領域mfは、例えば、図17～図20に示すような $16 \times 16$ ピクセルからなる均一なサイズを有するサブフィールドの規則的な配列に分割され、それらのサブフィールドmsのうちの一つが、図17～図20に示すサブフィールドm1、mpである。その他の適当なサイズ、好ましくは、各寸法に沿った全ピクセル数の適切な約数も選択することができる。サブフィールドの数は、サブフィールドmsに対するイメージ領域mfのサイズの比によって決まる。この実施例においては、サブフィールドの数は、 $(12000/16) \times (12000/16) = 750 \times 750 = 562500$ である。サブフィールドは、通常矩形状に選定されるが、一般に、他の適当な形状も同様に有することができる。サブ

40

50

フィールド内のパターン密度が高くなりすぎるのを避けるために、図17～図20に示すのよりもかなり多いサブフィールドを選定するのが実際には適切であり、例えば、各寸法に沿って、 $12000 / 16 = 750$ の全ピクセル数を有するサブフィールドの場合、該サブフィールドの数は256である。

【0095】

サブフィールドmsが画定された場合、上述の電流均質化処理は、一つのサブフィールドにおいて各パターン（図17）に対してなされる。まず、均一に設定された電流レベルが、例えば、サブフィールド内で発生させることのできる最大の電流値を決定することによって選定される。そして、各サブフィールドmsに対して、上述したように、いくつかのピクセルを付加することによって電流を設定された電流レベルに調節する。これにより、パターン化されたビームの空間電荷密度は、関連するイメージング収差を実質的に抑制するように、十分に均質になる。異なる走査ラインに対して電流が変化するので、各走査ラインに対して均一に設定された電流レベルを決定するのに充分であることを言及すべきである。

10

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る描画装置の縦方向断面における配置である。

【図2】図1の描画装置のパターン描画装置におけるアパーチャの配列の平面図である。

【図3】基板表面に存在するイメージ領域を示す図である。

【図4】露光されるウェーハ基板上の、図3のイメージ領域の動きを示す図である。

【図5】aはパターン描画装置の上面図であり、bはパターン描画装置の縦断面図である

20

【図6】アパーチャの詳細を示す図5bの詳細図である。

【図7】パターン描画装置の変形例を示す図5と同様の図である。

【図8】パターン描画装置の変形例を示す図5と同様の図である。

【図9】本発明に係るパターン描画領域の配置を示す図である。

【図10】図9のアパーチャラインに関連する記憶アレイの配置を示す図である。

【図11】図10の論理の機能概観図である。

【図12】単一のアパーチャラインに関する図10の配置を示す図である。

【図13】データ方向制御を示す図である。

【図14】図10の配置で用いるグレイコンパレータ回路を示す図である。

30

【図15】パターン描画装置の変形例のアパーチャの配列を示す平面図である。

【図16】図15の配置に対応するイメージ領域を示す図である。

【図17】図15の配列を用いた、基板表面の目標領域のサブ領域上に形成される単純な実施例の配置を示す図である。

【図18】図17のパターンが分割される4つのアパーチャパターンのシーケンスを示す図である。

【図19】本発明に係る図17の目標領域上に形成された露光パターンを示す図である。

【図20】図17及び図19のパターンを形成するのに用いる4つのアパーチャパターンのシーケンスを示す図である。

【図21】図4のイメージ領域と図17～図20の実施例のパターンに対応するサブ領域との関係を示す図である。

40

【符号の説明】

100 粒子ビーム露光装置

102 パターンを描画する装置

21、230 複数の同一形状のアパーチャ

220 複数の開口部

203 アパーチャアレイ手段

p1 ライン

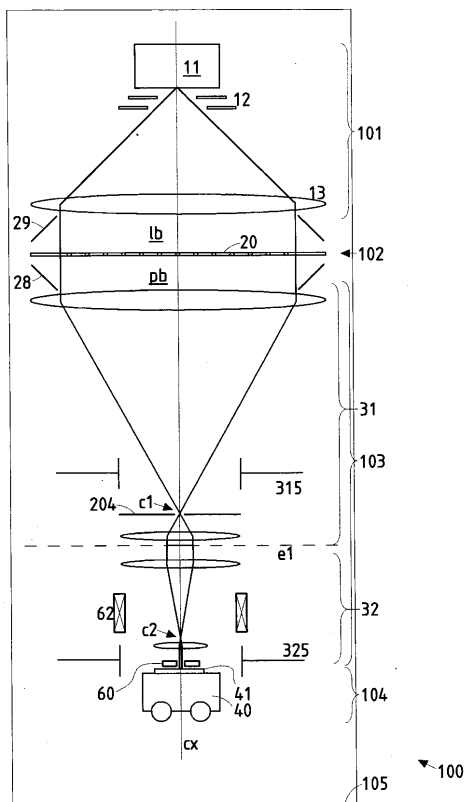
221 偏向手段

pf パターン描画領域

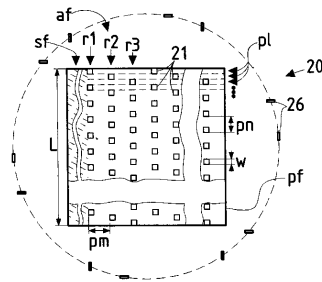
50

- p m 横方向オフセット
- w アパーチャの幅
- s f 第1のセグメント
- A 長さ
- L パターン描画領域の幅
- s 1 - 0、...、s 1 - 9 論理ブロック
- s t a バッファ手段
- 1 b、p b 荷電粒子のビーム
- t 3 変化する厚み
- e 3 変化する幅
- 2 0 5 ' 補正レンズ手段
- 2 0 2 ブランキング手段
- 4 1 基板
- A 1、A a、A b アパーチャ
- x a、x b 画素
- m f ' アパーチャによって占められた領域部
- m s サブ領域
- 3 1 5、3 2 5 偏向装置

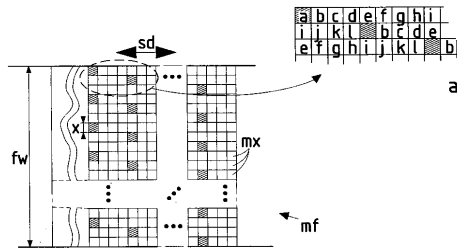
【図1】



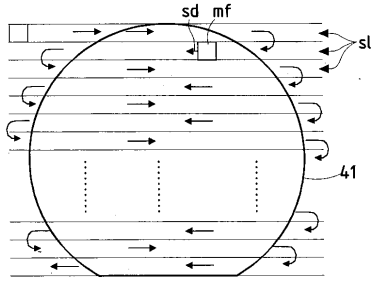
【図2】



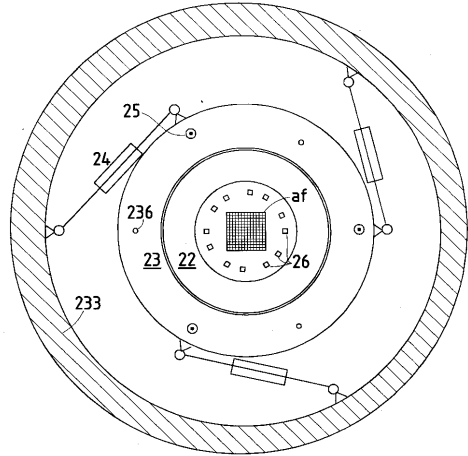
【図3】



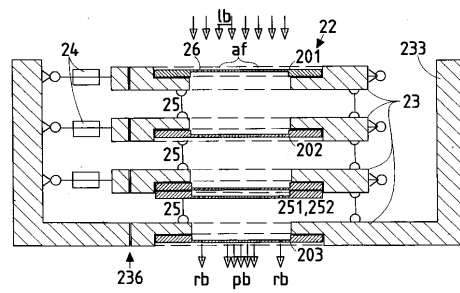
【 図 4 】



【 図 5 】

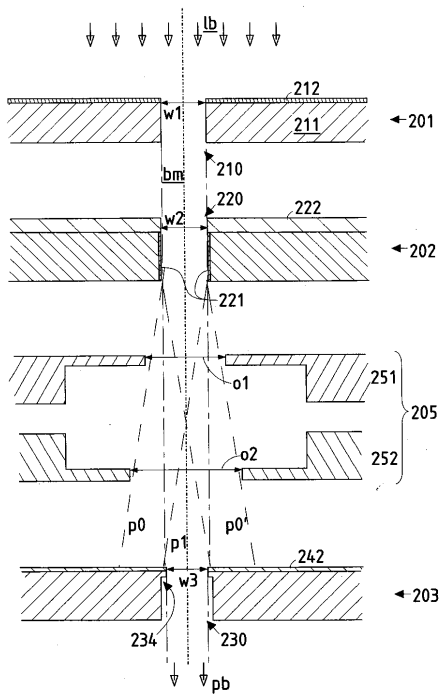


a

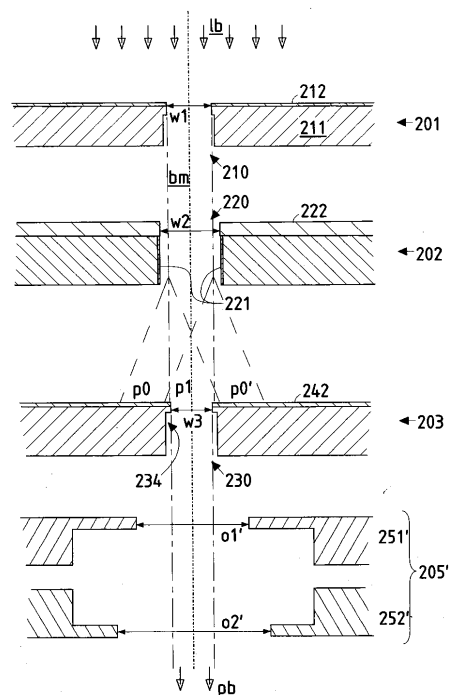


b

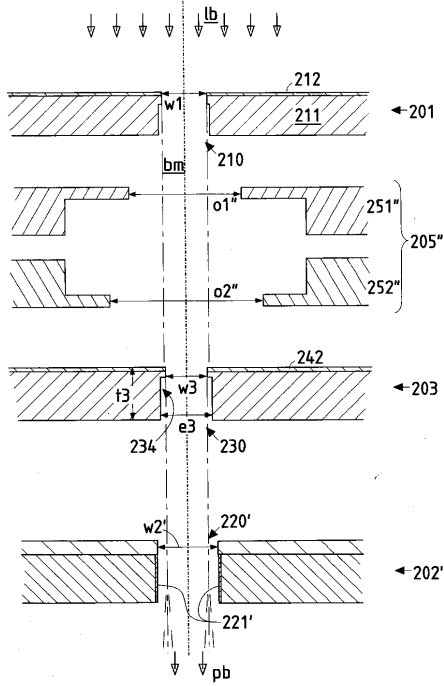
【 図 6 】



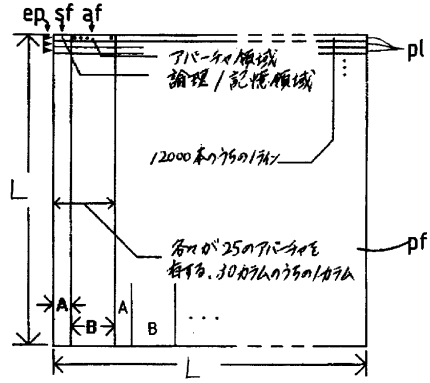
【 図 7 】



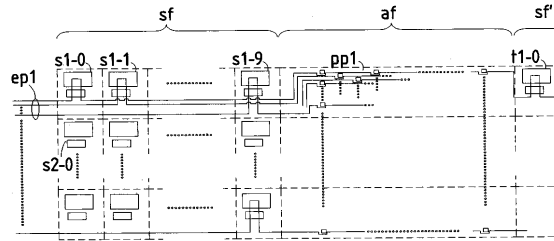
【図8】



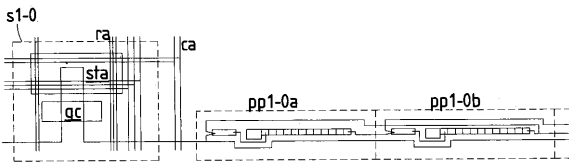
【図9】



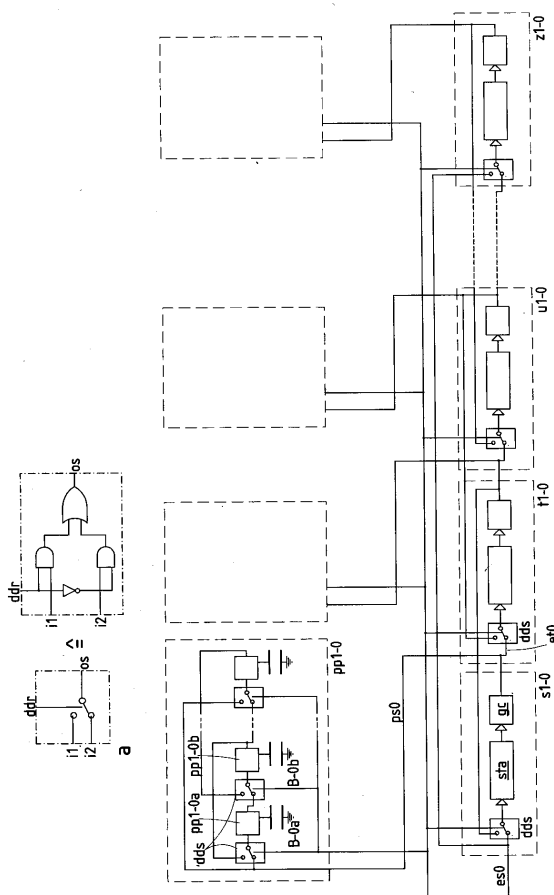
【図10】



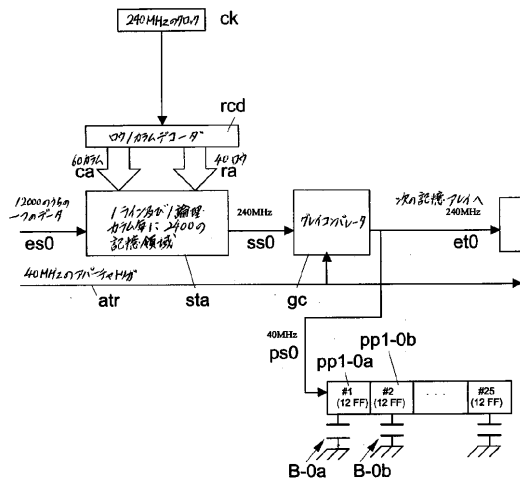
【図11】



【図13】

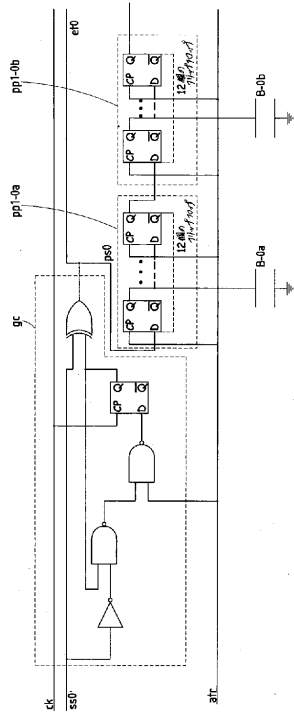


【図12】

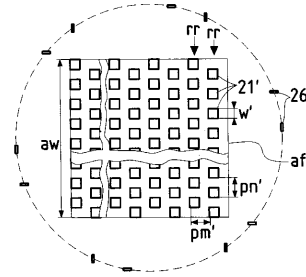




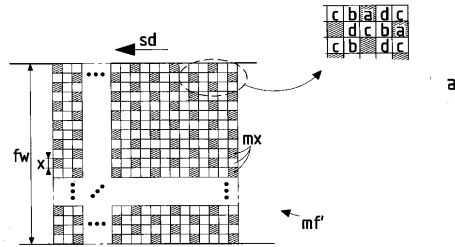
【 14 】



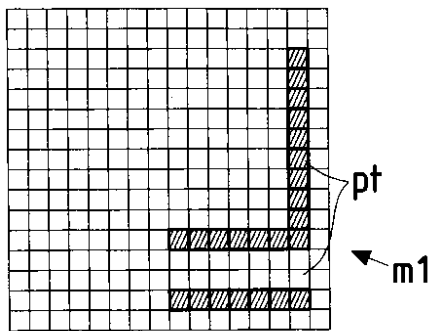
【 15 】



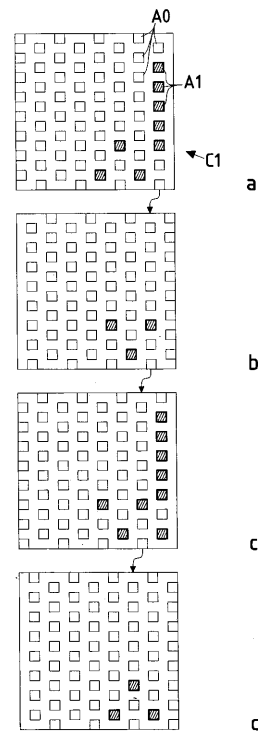
【 16 】



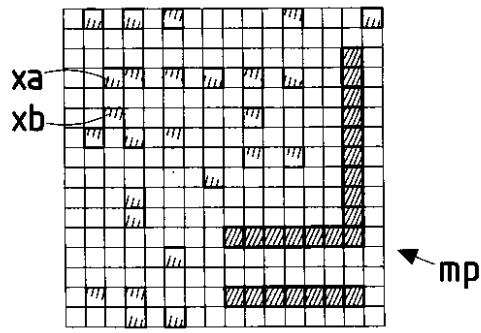
【 17 】



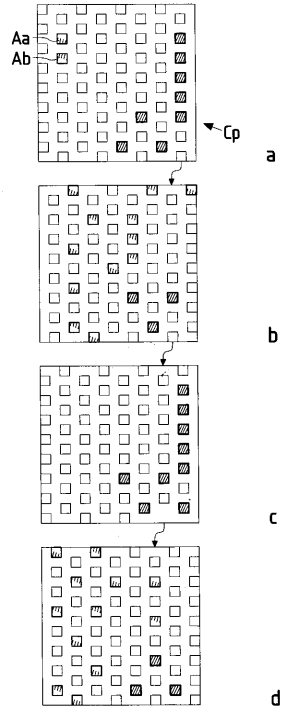
【 18 】



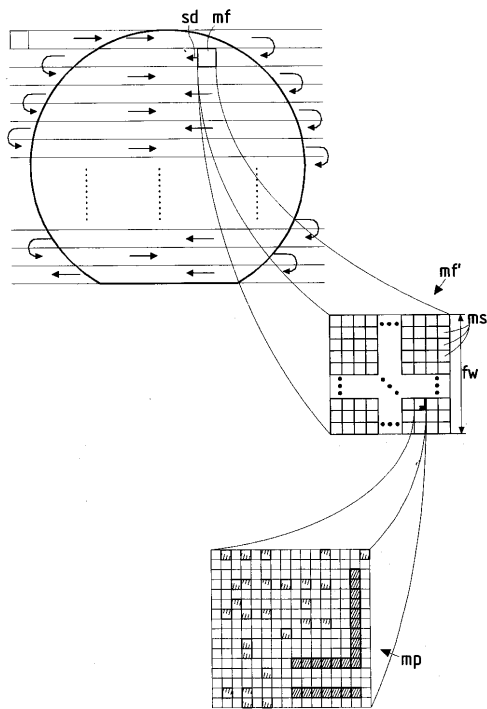
【 図 19 】



【 図 20 】



【 図 21 】



## フロントページの続き

- (74)代理人 100120433  
弁理士 高 部 育子
- (74)代理人 100141184  
弁理士 関口 一秀
- (74)代理人 100145252  
弁理士 塚田 美佳子
- (74)代理人 100151415  
弁理士 名 高 下 嘉奈
- (74)代理人 100112209  
弁理士 中山 健一
- (72)発明者 エルマール プラッツグンマー  
オーストリア国 1 0 2 0 ウィーン マックス ヴィンター - プラッツ 4 / 3 4
- (72)発明者 ハンス ローシュナー  
オーストリア国 1 1 9 0 ウィーン フェガガッセ 6
- (72)発明者 ゲルハルト シュテングル  
オーストリア国 9 2 4 1 ヴェルンベルク アウスジヒツヴェーク 2 0
- (72)発明者 ヘルベルト フォーナッハ  
オーストリア国 3 4 0 0 クロシュターノイブルク マルティンシュトラッセ 8 3
- (72)発明者 アルフレット カルプカ  
オーストリア国 1 1 3 0 ウィーン ラフェランガッセ 2 4
- (72)発明者 ゲルトラウト ランマー  
オーストリア国 1 2 2 0 ウィーン シュバルゲルフェルシュトラッセ 1 6 2 / 1 7 2
- (72)発明者 ヘルベルト ブッシュベック  
オーストリア国 1 2 3 0 ウィーン ゴルトハンマーガッセ 1 2
- (72)発明者 ロベルト ノヴァク  
オーストリア国 1 0 2 0 ウィーン ルエプガッセ 2 9 エー
- (72)発明者 ティル ヴィンディッシュバウアー  
オーストリア国 2 2 3 2 ドイツ - ヴァグラム フィクトル アドラー シュトラッセ 3 8

審査官 佐藤 海

- (56)参考文献 特開平05 - 166707 (JP, A)  
特開平03 - 174715 (JP, A)  
特開2001 - 332473 (JP, A)  
特開2000 - 030647 (JP, A)  
特開平01 - 278725 (JP, A)

## (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

G03F 7/20-7/24、9/00-9/02  
H01L 21/027