

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第3976835号  
(P3976835)

(45) 発行日 平成19年9月19日(2007.9.19)

(24) 登録日 平成19年6月29日(2007.6.29)

(51) Int. Cl.

H 0 1 L 21/027 (2006.01)

F I

H 0 1 L 21/30 5 4 1 W

H 0 1 L 21/30 5 4 1 F

請求項の数 12 (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願平9-118089	(73) 特許権者	000001007
(22) 出願日	平成9年5月8日(1997.5.8)		キヤノン株式会社
(65) 公開番号	特開平10-308341		東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(43) 公開日	平成10年11月17日(1998.11.17)	(74) 代理人	100090538
審査請求日	平成16年4月8日(2004.4.8)		弁理士 西山 恵三
		(74) 代理人	100096965
			弁理士 内尾 裕一
		(72) 発明者	村木 真人
			東京都大田区下丸子3丁目30番2号キヤ ノン株式会社内
		審査官	岩本 勉

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電子ビーム露光方法及び電子ビーム露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

複数の電子ビームを用いて、基板上にパターンを露光する電子ビーム露光方法において

、  
複数の電子ビームで構成される電子ビーム群を複数配列して縮小電子光学系を介して前記基板上に結像させる段階と、

前記複数の電子ビーム群を前記基板上を偏向させる段階と、

偏向毎に、各電子ビームの照射を個別に制御する段階と、

前記電子ビーム群毎の前記基板上に照射される偏向毎の電子ビームの数に基づいて、前記電子ビーム群毎に電子ビームの結像位置の移動量に関する評価値を算出する評価段階と 10

、  
前記評価値に基づいて対応する電子ビーム群の電子ビームの結像位置の補正を行う補正段階とを有することを特徴とする電子ビーム露光方法。

【請求項2】

前記補正段階は、電子ビーム群毎の補正量の平均値だけ、すべての電子ビーム群の電子ビームの結像位置を補正する段階と、各電子ビーム群毎の補正量と前記平均値との差だけ、対応する電子ビーム群毎に電子ビームの結像位置を補正させる段階とを有することを特徴とする請求項1の電子ビーム露光方法。

【請求項3】

前記評価段階は、さらに、評価値が算出される電子ビーム群と他の電子ビーム群との距 20

離と、該他の電子ビーム群の前記基板上に照射される電子ビームの数とに基づいて、該評価値を算出することを特徴とする請求項1の電子ビーム露光方法。

【請求項4】

各電子ビームは、それに対応する電子源の中間像からの電子ビームであって、前記補正段階は、前記縮小電子光学系の光軸方向の前記中間像の結像位置を前記電子ビーム群毎に補正する段階を有することを特徴とする請求項1乃至3の電子ビーム露光方法。

【請求項5】

前記補正段階は、予め決められた偏向領域内では、該偏向領域内の複数の前記電子ビーム群毎の評価値に基づいて、対応する電子ビーム群の電子ビームの結像位置の補正を行うことを特徴とする請求項1の電子ビーム露光方法。

10

【請求項6】

請求項1乃至5のいずれかの電子ビーム露光方法を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【請求項7】

複数の電子ビームを用いて、基板上にパターンを露光する電子ビーム露光装置において、

複数の電子ビームで構成される電子ビーム群を複数配列して前記基板上に結像させる縮小電子光学系と、

前記複数の電子ビーム群を前記基板上を偏向させる偏向手段と、

偏向毎に、各電子ビームの照射を個別に制御する照射制御手段と、

20

前記電子ビーム群毎に電子ビームの結像位置を補正する補正手段と、

前記電子ビーム群毎の前記基板上に照射される偏向毎の電子ビームの数に基づいて算出される、前記電子ビーム群毎の電子ビームの結像位置の移動量に関する評価値を記憶する手段と、

前記評価値に基づいて、対応する電子ビーム群の電子ビームの結像位置を前記補正手段により補正を行わせる制御手段とを有することを特徴とする電子ビーム露光装置。

【請求項8】

前記評価値は、評価値が算出される電子ビーム群と他の電子ビーム群との距離と、該他の電子ビーム群の基板に照射される電子ビームの数とに基づいて、算出されることを特徴とする請求項7の電子ビーム露光装置。

30

【請求項9】

電子源の中間像を形成する要素電子光学系を複数含むサブアレイを複数配列してなる要素電子光学系アレイを有し、前記各電子ビームは対応する前記電子源の中間像からの電子ビームであって、前記補正手段は、前記サブアレイ毎に前記縮小電子光学系の光軸方向の前記中間像の位置を移動させることを特徴とする請求項7の電子ビーム露光装置。

【請求項10】

前記補正手段は、前記縮小電子光学系の焦点位置を調整するリフォーカスコイルを有し、前記制御手段は、電子ビーム群毎の補正量の平均値だけ、すべての電子ビーム群の電子ビームの結像位置を前記リフォーカスコイルによって補正させることを特徴とする請求項7及び9の電子ビーム露光装置。

40

【請求項11】

前記要素電子光学系のそれぞれは、前記中間像が前記縮小電子光学系を介して前記基板上に縮小投影される際に発生する収差を補正することを特徴とする請求項9の電子ビーム露光装置。

【請求項12】

前記制御手段は、予め決められた偏向領域内では、該偏向領域内の複数の前記電子ビーム群毎の評価値に基づいて、対応する電子ビーム群の電子ビームの結像位置の補正を前記補正手段によって行わせることを特徴とする請求項7の電子ビーム露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

50

**【発明の属する技術分野】**

本発明は電子ビーム露光方法及びその露光装置に関し、特にウエハ直接描画またはマスク、レチクル露光の為に、複数の電子ビームを用いてパターン描画を行う電子ビーム露光方法及びその露光装置に関する。

**【0002】****【従来の技術】**

基板上に電子ビームを結像させて露光を行う電子ビーム露光装置では、ビーム電流が大きいとクーロン効果によって基板に投影された電子ビームの像にぼけが生じる。このクーロン効果によるぼけは電子ビーム投影用の縮小電子光学系の焦点位置を再調整することで大半が補正できるが、一部は補正できずに残る。電子ビームの断面形状を最大でも10 $\mu\text{m}$ 角程度の範囲で成形させて転写する可変成形型露光装置では、成形されたビームの面積と装置パラメータ（ビーム電流密度、ビーム入射半角、ビームの加速電圧及び縮小電子光学系の光学長）とからクーロン効果によるぼけを予測し、その予測結果に応じて縮小電子光学系の焦点を調整している。

10

**【0003】**

ところで、複数の電子ビームを配列させて基板上に照射し、その複数の電子ビームを偏向させて基板上を走査させるとともに、描画するパターンに応じて複数の電子ビームの照射を個別にon/offしてパターンを描画するマルチ電子ビーム型露光装置では、電子ビームが分散されて配列されているので、すなわち、基板上での実効的な単位面積当たりの電流密度が低いので、クーロン効果によるぼけが小さい。このことは、クーロン効果によるぼけを所定値以内に制限した時、マルチ電子ビーム型露光装置は可変成形型露光装置よりも大きなビーム電流を与えて露光のスループットを向上させることができる。

20

**【0004】****【発明が解決しようとしている課題】**

しかしながら、マルチ電子ビーム型露光装置でも、描画するパターンによって、基板上に照射される電子ビームが狭い領域に集中している場合と、基板上に照射される電子ビームが一様に分散している場合とがある。すると、照射される電子ビームの数と同じでも、前者は後者に比べ実効的な単位面積当たりの電流密度が高いため、クーロン効果によるぼけが大きい。

**【0005】**

例えば、図14(A)、(B)に示すように、基板上に照射される電子ビームの数（基板に照射される電流の総和と等価である。また、図中黒丸が実際に基板上に照射される電子ビームである）が同一であるが、(B)のLの領域では(A)よりも狭い範囲に複数の電子ビームが集中するためにクーロン効果によるぼけが大きくなり、(B)のSの領域では(A)が4つの電子ビームに対して1つの電子ビームしかないためにクーロン効果によるぼけが小さくなる。すなわち図14(B)では、場所によって、クーロン効果によるぼけが異なる。したがって、単純に照射ごとの電子ビームの数もしくは基板に照射される電流の総和に基づいて焦点調整を行うだけでは、クーロン効果によるぼけを正確に補正できない。

30

**【0006】**

本発明の目的は、クーロン効果によるぼけを補正する為の電子ビーム照射毎の描画条件を適正化して、従来よりも高解像の描画を実現できるマルチ電子ビーム型露光装置を提供することにある。

40

**【0007】****【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成する為の本発明の電子ビーム露光方法のある形態は、複数の電子ビームを用いて、基板上にパターンを露光する電子ビーム露光方法において、複数の電子ビームで構成される電子ビーム群を複数配列して縮小電子光学系を介して前記基板上に結像させる段階と、前記複数の電子ビーム群を前記基板上を偏向させる段階と、偏向毎に、各電子ビームの照射を個別に制御する段階と、前記電子ビーム群毎の前記基板上に照射される偏向

50

毎の電子ビームの数に基づいて、前記電子ビーム群毎に電子ビームの結像位置の移動量に関する評価値を算出する評価段階と、前記評価値に基づいて対応する電子ビーム群の電子ビームの結像位置の補正を行う補正段階とを有することを特徴とする。

【0008】

前記補正段階は、電子ビーム群毎の補正量の平均値だけ、すべての電子ビーム群の電子ビームの結像位置を補正する段階と、各電子ビーム群毎の補正量と前記平均値との差だけ、対応する電子ビーム群毎に電子ビームの結像位置を補正させる段階とを有することを特徴とする。

【0009】

前記評価段階は、さらに、評価値が算出される電子ビーム群と他の電子ビーム群との距離と、該他の電子ビーム群の前記基板上に照射される電子ビームの数とに基づいて、該評価値を算出することを特徴とする。

10

【0010】

各電子ビームは、それに対応する電子源の中間像からの電子ビームであって、前記補正段階は、前記縮小電子光学系の光軸方向の前記中間像の結像位置を前記電子ビーム群毎に補正する段階を有することを特徴とする。

【0011】

前記補正段階は、予め決められた偏向領域内では、該偏向領域内の複数の前記電子ビーム群毎の評価値に基づいて、対応する電子ビーム群の電子ビームの結像位置の補正を行うことを特徴とする。

20

【0012】

本発明の電子ビーム露光装置のある形態は、複数の電子ビームを用いて、基板上にパターンを露光する電子ビーム露光装置において、複数の電子ビームで構成される電子ビーム群を複数配列して前記基板上に結像させる縮小電子光学系と、前記複数の電子ビーム群を前記基板上を偏向させる偏向手段と、偏向毎に、各電子ビームの照射を個別に制御する照射制御手段と、前記電子ビーム群毎に電子ビームの結像位置を補正する補正手段と、前記電子ビーム群毎の前記基板上に照射される偏向毎の電子ビームの数に基づいて算出される、前記電子ビーム群毎の電子ビームの結像位置の移動量に関する評価値を記憶する手段と、前記評価値に基づいて、対応する電子ビーム群の電子ビームの結像位置を前記補正手段により補正を行わせる制御手段とを有することを特徴とする。

30

【0013】

前記評価値は、評価値が算出される電子ビーム群と他の電子ビーム群との距離と、該他の電子ビーム群の基板に照射される電子ビームの数とに基づいて、算出されることを特徴とする。

【0014】

さらに、電子源の中間像を形成する要素電子光学系を複数含むサブアレイを複数配列してなる要素電子光学系アレイを有し、前記各電子ビームは対応する前記電子源の中間像からの電子ビームであって、前記補正手段は、前記サブアレイ毎に前記縮小電子光学系の光軸方向の前記中間像の位置を移動させることを特徴とする。

【0015】

前記補正手段は、前記縮小電子光学系の焦点位置を調整するリフォーカスコイルを有し、前記制御手段は、電子ビーム群毎の補正量の平均値だけ、すべての電子ビーム群の電子ビームの結像位置を前記リフォーカスコイルによって補正させることを特徴とする。

40

【0016】

前記要素電子光学系のそれぞれは、前記中間像が前記縮小電子光学系を介して前記基板上に縮小投影される際に発生する収差を補正することを特徴とする。

【0017】

前記制御手段は、予め決められた偏向領域内では、該偏向領域内の複数の前記電子ビーム群毎の評価値に基づいて、対応する電子ビーム群の電子ビームの結像位置の補正を前記補正手段によって行わせることを特徴とする。

50

【 0 0 1 9 】

【 発明の実施の形態 】

( 第 1 の実施形態 )

( 電子ビーム露光装置の構成要素説明 )

図 1 は本発明に係る電子ビーム露光装置の要部概略図である。

【 0 0 2 0 】

図 1 において、1 は、カソード1a、グリッド1b、アノード1cよりなる電子銃であって、カソード1aから放射された電子はグリッド1b、アノード1cの間でクロスオーバ像を形成する(以下、このクロスオーバ像を電子源と記す)。

【 0 0 2 1 】

この電子源から放射される電子は、その前側焦点位置が前記電子源位置にあるコンデンサーレンズ2によって略平行の電子ビームとなる。略平行な電子ビームは、要素電子光学系アレイ3に入射する。要素電子光学系アレイ3は、開口と電子光学系とブランキング電極とで構成される要素電子光学系が光軸AXに直交する方向に複数配列されて形成されたものである。要素電子光学系アレイ3の詳細については後述する。

【 0 0 2 2 】

要素電子光学系アレイ3は、電子源の中間像を複数形成し、各中間像は後述する縮小電子光学系4によって縮小投影され、ウエハ5上に電子源像を形成する。

【 0 0 2 3 】

その際、ウエハ5上の電子源像の間隔が電子源像の大きさの整数倍になるように、要素電子光学系アレイ3の各要素は設定されている。更に、要素電子光学系アレイ3は、各中間像の光軸方向の位置を縮小電子光学系4の像面湾曲に応じて異ならせるとともに、各中間像が縮小電子光学系4によってウエハ5に縮小投影される際に発生する収差を予め補正している。

【 0 0 2 4 】

縮小電子光学系4は、第1投影レンズ41(43)と第2投影レンズ42(44)とからなる対称磁気タブレットで構成される。第1投影レンズ41(43)の焦点距離を $f_1$ 、第2投影レンズ42(44)の焦点距離を $f_2$ とすると、この2つのレンズ間距離は $f_1+f_2$ になっている。光軸上AXの物点は第1投影レンズ41(43)の焦点位置にあり、その像点は第2投影レンズ42(44)の焦点に結ぶ。この像は $-f_2/f_1$ に縮小される。また、2つのレンズ磁界が互いに逆方向に作用する様に決定されているので、理論上は、球面収差、等方性非点収差、等方性コマ収差、像面湾曲収差、軸上色収差の5つの収差を除いて他のザイデル収差および回転と倍率に関する色収差が打ち消される。

【 0 0 2 5 】

6は、要素電子光学系アレイ3からの複数の電子ビームを偏向させて、複数の電子源像をウエハ5上でX,Y方向に略同一の変位量だけ変位させる偏向器である。偏向器6は、偏向幅が広い場合に用いられる主偏向器61と偏向幅が狭い場合に用いられる副偏向器62で構成されていて、主偏向器61は電磁型偏向器で、副偏向器62は静電型偏向器である。

【 0 0 2 6 】

7は偏向器6を作動させた際に発生する偏向収差による電子源像のフォーカス位置のずれを補正するダイナミックフォーカスコイルであり、8は、ダイナミックフォーカスコイル7と同様に、偏向により発生する偏向収差の非点収差を補正するダイナミックスティグコイルである。

【 0 0 2 7 】

9は、リフォーカスコイルで、ウエハに照射される複数の電子ビームの数若しくはウエハに照射される電流の総和が多くなるとクーロン効果による電子ビームのぼけが発生するので、これを補正するために縮小電子光学系4の焦点位置を調整するものである。

【 0 0 2 8 】

10は、X及びY方向にのびる2つのシングルナイフエッジを有するファラデーカップで要素電子光学系からの電子ビームが形成する電子源像の電荷量を検出する。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 2 9 】

11は、ウエハを載置し、光軸AX(Z軸)方向とZ軸回りの回転方向に移動可能な-Zステージであって、前述したステージ基準板13とファラデーカップ10が固設されている。

## 【 0 0 3 0 】

12は、-Zステージを載置し、光軸AX(Z軸)と直交するX-Y方向に移動可能なX-Yステージである。

## 【 0 0 3 1 】

次に、図2を用いて要素電子光学系アレイ3について説明する。

## 【 0 0 3 2 】

要素電子光学系アレイ3は、複数の要素電子光学系をグループ(サブアレイ)とし、そのサブアレイが複数形成されている。そして、本実施例では5つのサブアレイA1~A5が形成されている。各サブアレイは、複数の要素電子光学系が2次元的に配列されていて、本実施例の各サブアレイではA3(1,1)~A3(3,9)のように27個の要素電子光学系が形成されている。

10

## 【 0 0 3 3 】

各要素電子光学系の断面図を図3に示す。

## 【 0 0 3 4 】

図3において、AP-Pは、コンデンサーレンズ2によって略平行となった電子ビームにより照明され、透過する電子ビームの形状を規定する開口(AP1)を有する基板で、他の要素電子光学系と共通の基板である。すなわち、基板AP-Pは、複数の開口を有する基板である。

20

## 【 0 0 3 5 】

301は一对の電極で構成され、偏向機能を有するブランキング電極であり、302は、開口(AP2)を有する基板で他の要素電子光学系と共通である。また、基板302の上にブランキング電極301と電極on/offするための配線(W)が形成されている。すなわち、基板302は、複数の開口と複数のブランキング電極を有する基板である。

## 【 0 0 3 6 】

303は、3つの開口電極で構成され、上下の電極を加速電位V0と同じにし、中間の電極を別の電位V1またはV2に保った収斂機能を有するユニポテンシャルレンズ303a、303bの2つを用いた電子光学系である。各開口電極は、基板上に絶縁物を介在させて積層されていて、その基板は他の要素電子光学系と共通の基板である。すなわち、その基板は、複数の電子光学系303を有する基板である。

30

## 【 0 0 3 7 】

ユニポテンシャルレンズ303aの上、中、下の電極及びユニポテンシャルレンズ303bの上、下の電極の形状は図4(A)に示すような形状であり、ユニポテンシャルレンズ303a、303bの上下電極は、後述する第1焦点・非点制御回路によって全ての要素電子光学系において共通の電位に設定している。

## 【 0 0 3 8 】

ユニポテンシャルレンズ303aの中間電極は、第1焦点・非点制御回路によって要素電子光学系毎に電位が設定出来る為、ユニポテンシャルレンズ303aの焦点距離が要素電子光学系毎に設定できる。

40

## 【 0 0 3 9 】

また、ユニポテンシャルレンズ303bの中間電極は、図4(B)に示すような4つの電極で構成され、第1焦点・非点制御回路によって各電極の電位が個別に設定でき、要素電子光学系毎にも個別設定出来るため、ユニポテンシャルレンズ303bは直交する断面において焦点距離が異なるようにでき、かつ要素電子光学系毎にも個別に設定出来る。

## 【 0 0 4 0 】

その結果、電子光学系303の中間電極をそれぞれ制御することによって、要素電子光学系の電子光学特性(中間像形成位置、非点収差)を制御することができる。ここで、中間像形成位置を制御する際、中間像の大きさはコンデンサーレンズ2の焦点距離と電子光学系303の焦点距離との比で決まるので、電子光学系(303)の焦点距離を一定にしてその主点

50

位置を移動させて中間像系形成位置を移動させている。それにより、すべての要素電子光学系が形成する中間像の大きさが略同一でその光軸方向の位置を異ならせることができる。

#### 【0041】

コンデンサーレンズ2で略平行にされた電子ビームは、開口(AP1)、電子光学系303を介して、電子源の中間像を形成する。ここで、電子光学系303の前側焦点位置またはその近傍に、対応する開口(AP1)が位置し、電子光学系303の中間像形成位置(後側焦点位置)またはその近傍に、対応するブランキング電極301が位置する。その結果、ブランキング電極301の電極間に電界をかけていないと電子ビーム束305の様に偏向されない。一方、ブランキング電極301の電極間に電界をかけると電子ビーム束306の様に偏向される。すると、電子ビーム束305と電子ビーム束306は、縮小電子光学系4の物体面で互いに異なる角度分布を有するので、縮小電子光学系4の瞳位置(図1のP面上)では電子ビーム束305と電子ビーム束306は互いに異なる領域に入射される。したがって、電子ビーム束305だけを透過させるブランキング開口BAを縮小電子光学系の瞳位置(図1のP面上)に設けてある。

10

#### 【0042】

また、各要素電子光学の電子光学系303は、それぞれが形成する中間像が縮小電子光学系4によって被露光面に縮小投影される際に発生する像面湾曲・非点収差を補正するために、各電子光学系303の2つの中間電極の電位を個別に設定して、各要素電子光学系の電子光学特性(中間像形成位置、非点収差)を異ならしめている。ただし、本実施例では、中間電極と第1焦点・非点制御回路との配線を減らす為に同一サブアレイ内の要素電子光学系は同一の電子光学特性にしてあり、要素電子光学系の電子光学特性(中間像形成位置、非点収差)をサブアレイ毎に制御している。

20

#### 【0043】

さらに、複数の中間像が縮小電子光学系4によって被露光面に縮小投影される際に発生する歪曲収差を補正するために、予め縮小電子光学系4の歪曲特性を予め知り、それに基づいて、縮小電子光学系4の光軸と直交する方向の各要素電子光学系の位置を設定している。

#### 【0044】

次に本実施例のシステム構成図を図5に示す。

#### 【0045】

ブランキング制御回路14は、要素電子光学アレイ3の各要素電子光学系のブランキング電極のon/offを個別に制御する制御回路、第1焦点・非点制御回路15は、要素電子光学アレイ3の各要素電子光学系の電子光学特性(中間像形成位置、非点収差)をサブアレイ毎に制御する制御回路である。

30

#### 【0046】

第2焦点・非点制御回路16は、ダイナミックスティグコイル8及びダイナミックフォーカスコイル7を制御して縮小電子光学系4の焦点位置、非点収差を制御する制御回路で、偏向制御回路17は偏向器6を制御する制御回路、倍率調整回路18は、縮小電子光学系4の倍率を調整する制御回路、リフォーカス制御回路19は、リフォーカスコイル9に流す電流を制御して縮小電子光学系4の焦点位置を調整する制御回路である。

40

#### 【0047】

ステージ駆動制御回路20は、-Zステージを駆動制御し、かつXYステージ12の位置を検出するレーザ干渉計21と共同してXYステージ12を駆動制御する制御回路である。

#### 【0048】

制御系22は、メモリ23からの露光制御データに基づく露光及び位置合わせの為に上記複数の制御回路およびファラデーカップ10を同期して制御する。制御系22は、インターフェース24を介して電子ビーム露光装置全体をコントロールするCPU25によって制御されている。

#### 【0049】

(動作の説明)

50

図5を用いて本実施例の電子ビーム露光装置の動作について説明する。

【0050】

CPU25は、ウエハに露光するパターンデータが入力されると、ウエハに露光するパターンの最小線幅、線幅の種類、形状に基づいて、副偏向器62が電子ビームに与える最小偏向量を決定する。次に各要素電子光学系の露光領域毎のパターンデータに分割し、最小偏向量を配列間隔として、配列要素FMEで構成される共通の配列を設定し、各要素電子光学系毎にパターンデータを共通の配列上で表したデータに変換する。以下、説明を簡略にするために、2つの要素電子光学系a,bを用いて露光する際のパターンデータに関する処理について説明する。

【0051】

図6(A)、(B)に共通の偏向用の配列DMに隣り合う要素電子光学系a,bが露光すべきパターンPa、Pbを示す。すなわち、それぞれに要素電子光学系は、パターンが存在するハッチングされた配列位置で、ブランキング電極をoffにして電子ビームをウエハ上に照射する。

【0052】

そこで、図6(A)(B)に示したような要素電子光学系毎の露光すべき配列位置のデータから、CPU25は、図8(C)に示すように、要素電子光学系a,bのうち少なくとも一つが露光する時の配列位置から成る第1の領域FF(黒塗り部)と、要素電子光学系a,b双方が共通して露光しない時の配列位置から成る第2の領域NN(白抜き部)とを決定する。

【0053】

複数の電子ビームが配列上の第1の領域FFに位置する時は、最小偏向量(配列の配列間隔)を単位として、副偏向器62によって電子ビームを偏向して露光することにより、ウエハ上に露光される全てのパターンの露光できる。また複数の電子ビームが配列上の第2の領域NNに位置する時は、電子ビームの位置を整定せずに偏向することにより、電子ビームの無駄な偏向を減らして露光できる。

【0054】

次に、図6(C)に示す領域FF、NNに関するデータから、CPU25は露光すべき配列要素の配列位置を決定する。図6(A)(B)を示すデータから、電子ビームが整定される配列位置に対応した要素電子光学系毎のブランキング電極のon/offを決定する。

【0055】

その結果、図7のような、少なくとも一つの電子ビームが露光する配列位置、その配列位置での各要素電子光学系のブランキング電極のon/offを要素とする露光制御データを作成する。

【0056】

更に、CPU25は、クーロン効果によるぼけを補正する為に、作成された露光制御データに基づいて図8に示す評価処理を実行する。

【0057】

図8の評価処理では、整定される配列位置毎に、ウエハ上に照射される複数の電子ビームの分布状態を表わすサブアレイ毎の分布係数Cを次の手順で演算する。

【0058】

(ステップS101)

整定される配列位置(x,y)を選択する。

【0059】

(ステップS102)

選択された配列位置(x,y)で、サブアレイA1~A5のそれぞれについて遮断されずにウエハ上に照射される電子ビームの数N1~N5(サブアレイ内でブランキング電極がoffとなる数)を検出する。すなわち、複数の電子ビームで構成される電子ビーム群であるサブアレイからの電子ビームのうち、いくつの電子ビームがウエハ上に照射されるかを検出する。

【0060】

(ステップS103)

10

20

30

40

50



サブアレイAiの分布係数Ciとして、下式によって、サブアレイ毎の分布係数Ciを求める。

【 0 0 6 1 】

【 外 1 】

$$C_i = K * N_i + \sum_{j=1, j \neq i}^5 (N_i * N_j) / (D_{i,j})^2$$

ここで、NiはステップS102で検出したサブアレイAiでウエハ上に照射される電子ビームの数であり、Kは、サブアレイの大きさで決まる定数であり、Di,jは、サブアレイAiの中心とサブアレイAjの中心との距離である。

10

【 0 0 6 2 】

上式によれば、ウエハ上に照射される全ての電子ビームの数が同一でも、サブアレイAiの中でウエハ上に照射される電子ビームの数が多いほどサブアレイAiの分布係数Ciは大きくなる。また、サブアレイAi中でウエハ上に照射される電子ビームの数が同一でも他のサブアレイでの電子ビーム数が多ければサブアレイAiの分布係数Ciは大きくなる。

【 0 0 6 3 】

(ステップS104)

求められたサブアレイ毎の分布係数Ciをリフォーカス制御データとして記憶する。

20

【 0 0 6 4 】

(ステップS105)

すべての整定される配列位置(x,y)について、ステップS102～S104の処理を終了したか否かを判断し、未処理の整定される配列位置(x,y)がある場合はステップS101へ戻って未処理の整定される配列位置(x,y)を選択する。

【 0 0 6 5 】

(ステップS106)

すべての整定される配列位置(x,y)について上記処理を終えたと、図8の評価処理は終了し、図9に示すような、整定される配列位置に対するサブアレイ毎の分布係数Ciを要素とするリフォーカス制御データが記憶される。

30

【 0 0 6 6 】

本実施例では、これらの処理を電子ビーム露光装置のCPU25で処理したが、それ以外の処理装置で行い、その露光制御データ及びリフォーカス制御データをCPU25に転送してもその目的・効果は変わらない。

【 0 0 6 7 】

次に、CPU25は、インターフェース24を介して制御系22に「露光の実行」を命令すると、制御系22は上記の露光制御データ及びリフォーカス制御データが転送されたメモリ23上のデータに基づいて下記のステップを実行する。

【 0 0 6 8 】

(ステップS201)

制御系22は、内部の基準クロックに同期して転送されるメモリ23からの露光制御データに基づいて、偏向制御回路17に命じ、偏向器6の副偏向器62によって、要素電子光学系アレイからの複数の電子ビームを偏向させてその位置を整定する。

40

【 0 0 6 9 】

また、制御系22は、露光制御データと同様に転送されるリフォーカス制御データに基づいて、第1焦点・非点制御回路に命じ、要素電子光学系の中間像形成位置をサブアレイ毎に制御している。すなわち、サブアレイ毎の分布係数Ciに基づいて、各サブアレイの要素電子光学系の中間像形成位置を分布係数Cが大きい程電子銃1側に設定する。その結果、分布係数Cが大きい程クーロン効果により縮小電子光学系4に対して遠ざかる位置に移動するウエハ上の電子ビームの結像位置が、縮小電子光学系4に接近するようになるの

50

で、クーロン効果によるぼけが補正できる。このウエハ上の電子ビームの結像位置の移動量（補正量）をリフォーカス量といい、このリフォーカス量と分布係数Cとの関係は予め数値シミュレーション若しくは実験等により求め、分布係数Cに基づいて所望のリフォーカス量を得るように各サブアレイ毎の要素電子光学系の電子光学特性が制御されている。

【0070】

さらに、制御系22は、ブランキング制御回路14に命じ各要素電子光学系のブランキング電極をウエハ5に露光すべきパターンに応じてon/offさせる。この時X Yステージ12はX方向に連続移動しており、偏向制御回路17は、X Yステージ12の移動量も含めて電子ビームの偏向位置を制御している。

【0071】

10

その結果、一つの要素電子光学系からの電子ビームは、図10(A)に示すようにウエハ5上の露光フィールド(EF)を黒四角を起点として走査し露光する。また、図10(B)に示すように、サブアレイ内の複数の要素電子光学系の露光フィールド(EF)は、隣接するように設定されていて、その結果、ウエハ5上において、複数の露光フィールド(EF)で構成されるサブアレイ露光フィールド(SEF)を露光される。同時に、ウエハ5上において、図11(A)に示すようなサブアレイA1からA5のそれぞれが形成するサブアレイ露光フィールド(SEF)で構成されるサブフィールドが露光される。

【0072】

(ステップS202)

制御系22は、図10(B)に示すサブフィールド1を露光後、サブフィールド2を露光する為に、偏向制御回路17に命じ、偏向器6の主偏向器61によって、要素電子光学系アレイからの複数の電子ビーム偏向させる。この時、制御系22は、第2焦点・非点制御回路に命じ、予め求めた動的焦点補正データに基づいてダイナミックフォーカスコイル7を制御して縮小電子光学系4の焦点位置を補正するとともに、予め求めた動的非点補正データに基づいてダイナミックスティグコイル8を制御して、縮小電子光学系の非点収差を補正する。そして、ステップ1の動作を行い、サブフィールド2を露光する。

20

【0073】

以上のステップS201,S202を繰り返して、図11(B)示すようにサブフィールド3,4というようにサブフィールドを順次露光してウエハ全面を露光する。

【0074】

30

(第2の実施形態)

第1の実施形態では、サブアレイ毎の電子ビームのリフォーカス量は、各サブアレイ毎の要素電子光学系の電子光学特性を調整することにより設定していたが、第2の実施形態では、サブアレイ毎のリフォーカス量の平均値を求め、平均値のリフォーカス量はリフォーカスコイル9により設定し、各サブアレイの要素電子光学系は、設定すべきリフォーカス量から平均値を差し引いた残差のリフォーカス量を設定している。

【0075】

(第3の実施形態)

第1の実施形態では、副偏向器62によって、要素電子光学系アレイからの複数の電子ビームを偏向させてその位置を整定する度に、サブアレイ毎の電子ビームのリフォーカス量を変更したが、第3の実施形態では、サブフィールドを露光している間はサブアレイ毎の電子ビームのリフォーカス量を一定にし、露光するサブフィールドが代わる時にサブアレイ毎の電子ビームのリフォーカス量を変更している。この時、サブアレイ毎の分布係数Cは、これから露光されるサブフィールド内の各配列位置での分布係数Cの平均値を用いている。言い換えれば、予め決められた偏向領域内(サブフィールド)では、偏向領域内での複数のサブアレイ毎の評価値に基づいて、サブアレイ毎の電子ビームの結像位置を補正している。

40

【0076】

(デバイスの生産方法の実施の形態)

次に上記説明した電子ビーム露光装置を利用したデバイスの生産方法の実施例を説明する

50

。

## 【 0 0 7 7 】

図 1 2 は微小デバイス（ I C や L S I 等の半導体チップ、液晶パネル、 C C D、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造のフローを示す。ステップ 1（回路設計）では半導体デバイスの回路設計を行なう。ステップ 2（露光制御データ作成）では設計した回路パターンに基づいて露光装置の露光制御データを作成する。一方、ステップ 3（ウエハ製造）ではシリコン等の材料を用いてウエハを製造する。ステップ 4（ウエハプロセス）は前工程と呼ばれ、上記用意した露光制御データが入力された露光装置とウエハを用いて、リソグラフィ技術によってウエハ上に実際の回路を形成する。次のステップ 5（組み立て）は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作製されたウエハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程（ダイシング、ボンディング）、パッケージング工程（チップ封入）等の工程を含む。ステップ 6（検査）ではステップ 5 で作製された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テスト等の検査を行なう。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ 7）される。

10

## 【 0 0 7 8 】

図 1 3 は上記ウエハプロセスの詳細なフローを示す。ステップ 1 1（酸化）ではウエハの表面を酸化させる。ステップ 1 2（ C V D ）ではウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ 1 3（電極形成）ではウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ 1 4（イオン打込み）ではウエハにイオンを打ち込む。ステップ 1 5（レジスト処理）ではウエハに感光剤を塗布する。ステップ 1 6（露光）では上記説明した露光装置によって回路パターンをウエハに焼付露光する。ステップ 1 7（現像）では露光したウエハを現像する。ステップ 1 8（エッチング）では現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ 1 9（レジスト剥離）ではエッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行なうことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

20

## 【 0 0 7 9 】

本実施例の製造方法を用いれば、従来は製造が難しかった高集積度の半導体デバイスを低コストに製造することができる。

## 【 0 0 8 0 】

## 【発明の効果】

以上説明したように本発明によれば、マルチ電子ビーム型露光装置によってパターンを描画する際に、クーロン効果によるぼけを補正する為の電子ビームの照射毎の描画条件を適正化して、従来よりも高解像の描画を実現できる。

30

## 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に係る電子ビーム露光装置の要部概略を示す図。

【図 2】要素電子光学系アレイ 3 について説明する図。

【図 3】要素電子光学系を説明する図。

【図 4】要素電子光学系の電極を説明する図。

【図 5】本発明に係るシステム構成を説明する図。

【図 6】各要素電子光学系が露光するべきパターンおよび偏向器が定める配列の領域決定を説明する図。

40

【図 7】露光制御データを説明する図。

【図 8】本発明に係る評価処理を説明する図。

【図 9】リフォーカス制御データを説明する図。

【図 1 0】露光フィールド（ EF ）及びサブアレイ露光フィールド（ SEF ）を説明する図。

【図 1 1】サブフィールドを説明する図。

【図 1 2】微小デバイスの製造フローを説明する図。

【図 1 3】ウエハプロセスを説明する図。

【図 1 4】クーロン効果によるぼけを説明する図。

## 【符号の説明】

1 電子銃

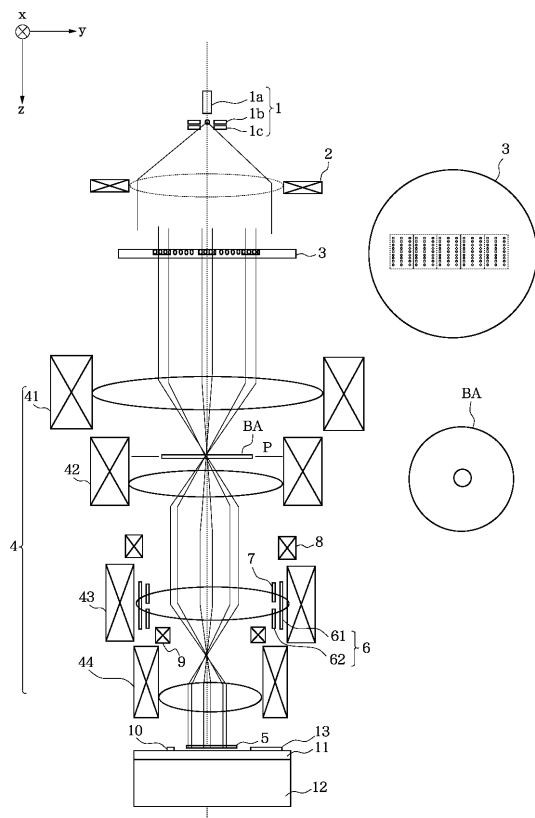
50

- 2 コンデンサーレンズ
- 3 要素電子光学系アレイ
- 4 縮小電子光学系
- 5 ウエハ
- 6 偏向器
- 7 ダイナミックフォーカスコイル
- 8 ダイナミックスティグコイル
- 9 リフォーカスコイル
- 10 ファラデーカップ
- 11 - Zステージ
- 12 XYステージ
- 13 ステージ基準板
- 14 ブランキング制御回路
- 15 第1焦点・非点制御回路
- 16 第2焦点・非点制御回路
- 17 偏向制御回路
- 18 倍率調整回路
- 19 リフォーカス制御回路
- 20 ステージ駆動制御回路
- 21 レーザ干渉計
- 22 制御系
- 23 メモリ
- 24 インターフェース
- 25 CPU

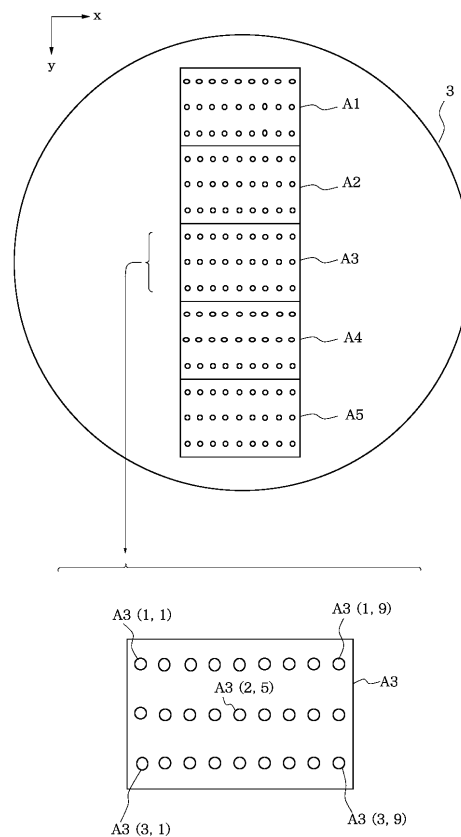
10

20

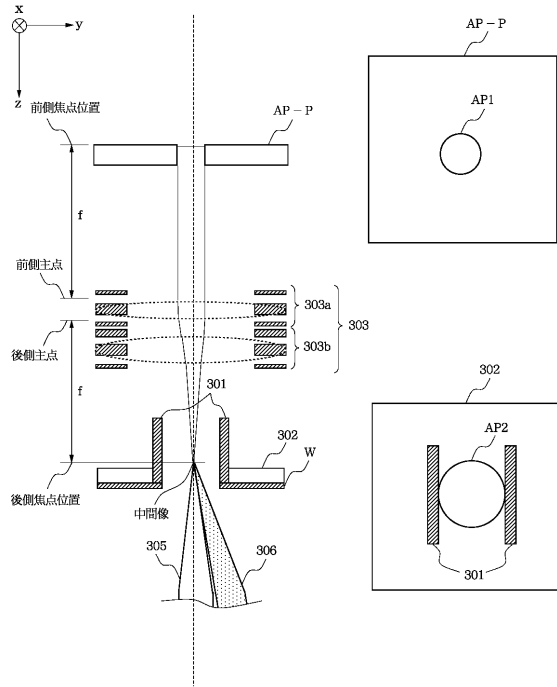
【図1】



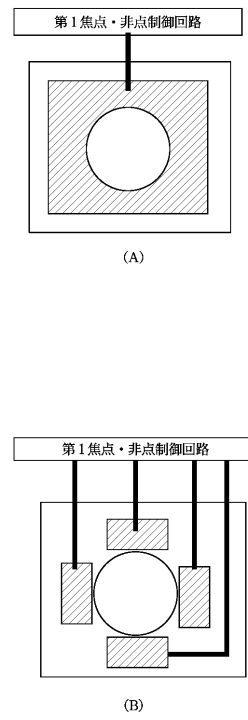
【図2】



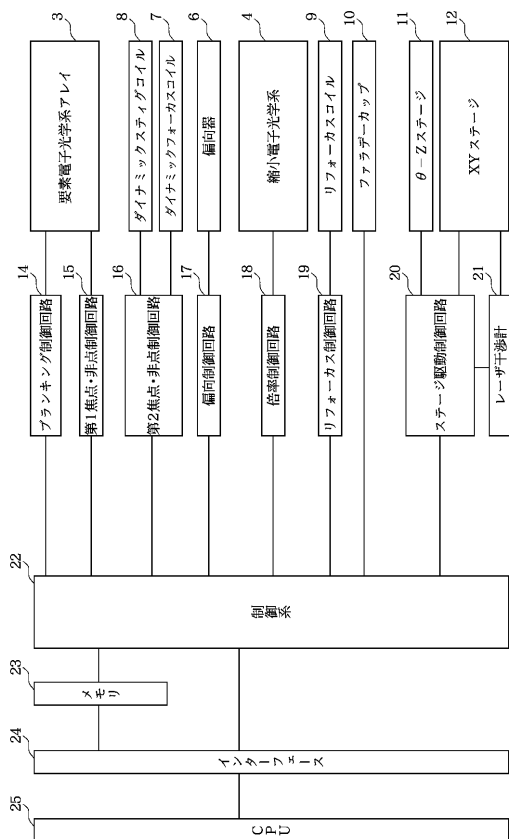
【図 3】



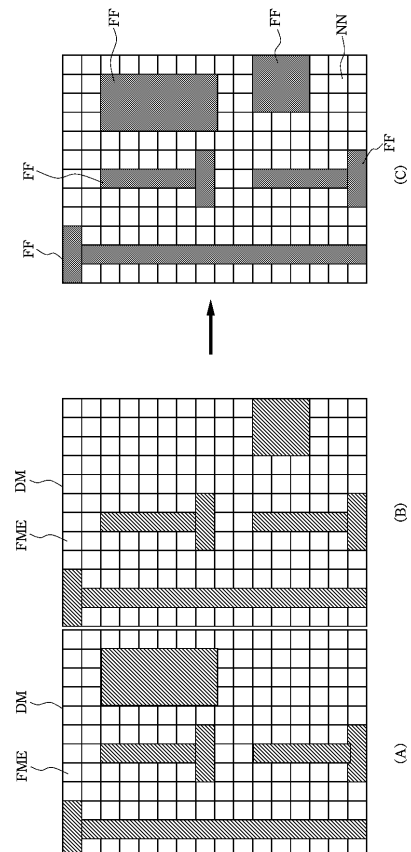
【図 4】



【図 5】



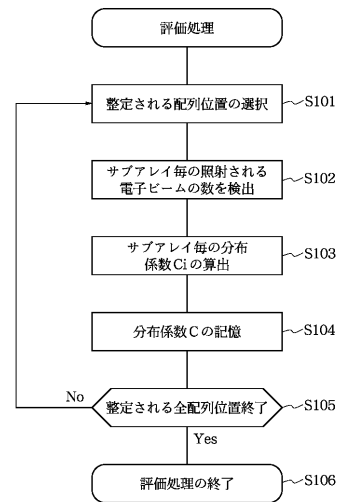
【図 6】



【図 7】

(シーケンス#no) (配列位置)		(ブランキング制御)					
		A1 (1, 1)	A1 (1, 2)	A1 (1, 3)	...	A5 (3,9)	
1	(x, y)	on or off	on or off	on or off	...	on or off	
2	(x, y)	on or off	on or off	on or off	...	on or off	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
n	(x, y)	on or off	on or off	on or off	...	on or off	

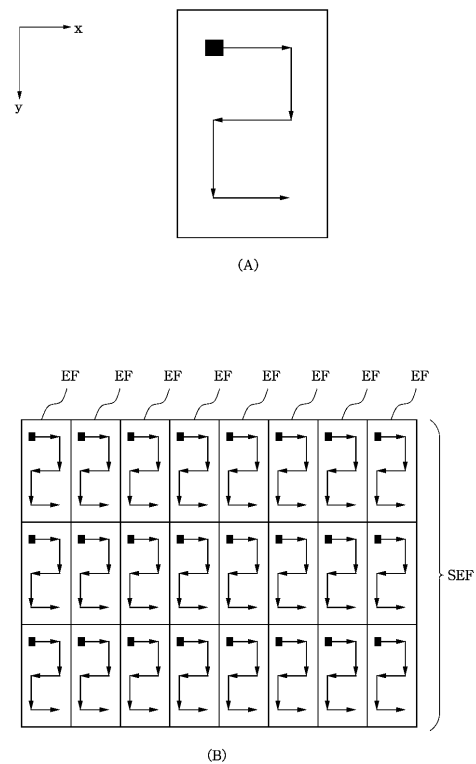
【図 8】



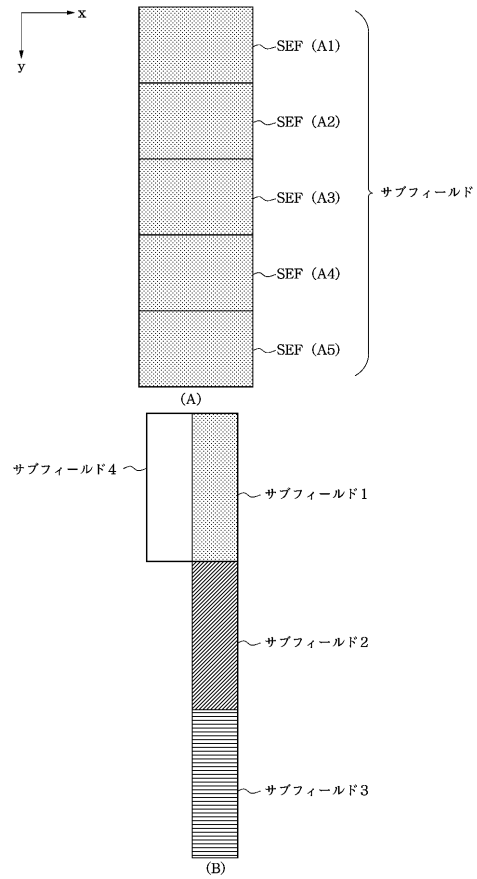
【図 9】

(シーケンス#no) (配列位置)		(サブアレイ毎の分布係数)					
		A1	A2	A3	A4	A5	
1	(x, y)	C1(1)	C2(1)	C3(1)	C4(1)	C5(1)	
2	(x, y)	C1(2)	C2(2)	C3(2)	C4(2)	C5(2)	
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	
n	(x, y)	C1(n)	C2(n)	C3(n)	C4(n)	C5(n)	

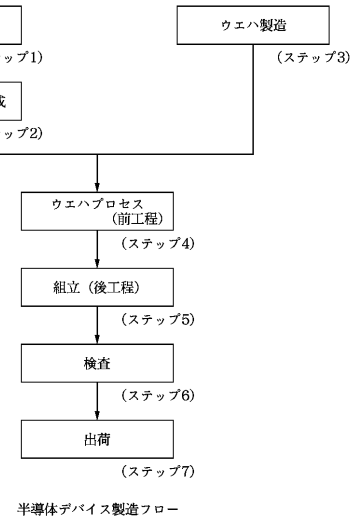
【図 10】



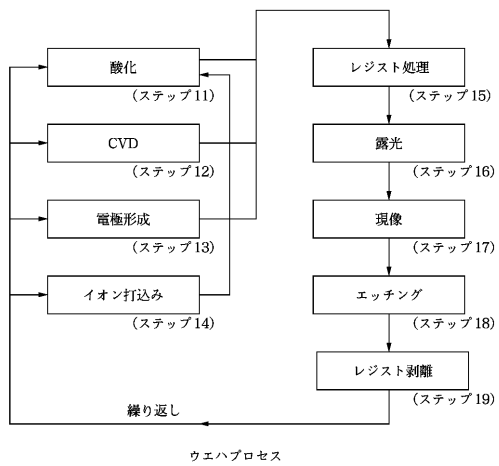
【図 1 1】



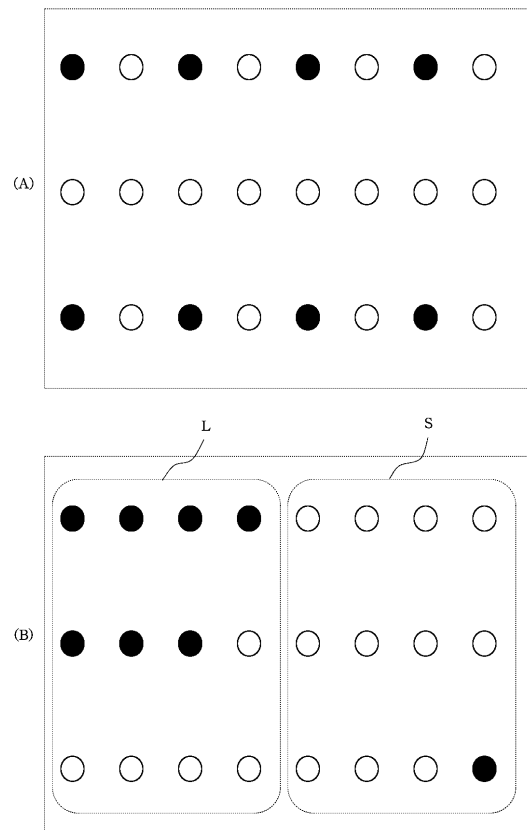
【図 1 2】



【図 1 3】



【図 1 4】



---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特開平05 - 166707 (JP, A)  
特開平09 - 022118 (JP, A)  
特開平04 - 186718 (JP, A)  
特開昭62 - 093931 (JP, A)  
特開平09 - 007538 (JP, A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)  
H01L 21/027