

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4504060号
(P4504060)

(45) 発行日 平成22年7月14日(2010.7.14)

(24) 登録日 平成22年4月30日(2010.4.30)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 21/027 (2006.01)

H O 1 L 21/30 5 4 1 E

G O 3 F 7/20 (2006.01)

G O 3 F 7/20 5 O 4

H O 1 J 37/09 (2006.01)

H O 1 J 37/09 A

H O 1 J 37/305 (2006.01)

H O 1 J 37/305 B

請求項の数 8 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2004-90809 (P2004-90809)
 (22) 出願日 平成16年3月26日(2004.3.26)
 (65) 公開番号 特開2005-277239 (P2005-277239A)
 (43) 公開日 平成17年10月6日(2005.10.6)
 審査請求日 平成19年2月23日(2007.2.23)

(73) 特許権者 000001007
 キヤノン株式会社
 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 (73) 特許権者 501387839
 株式会社日立ハイテクノロジーズ
 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 (74) 代理人 100076428
 弁理士 大塚 康德
 (74) 代理人 100112508
 弁理士 高柳 司郎
 (74) 代理人 100115071
 弁理士 大塚 康弘
 (74) 代理人 100116894
 弁理士 木村 秀二

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 荷電粒子線露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

荷電粒子源から放出されるビームを用いて、マスク上に形成された複数のパターンをレンズを介して試料上に露光する荷電粒子線露光装置において、

前記試料上に到達する前記ビームの面積を変更する手段と、

前記ビームの面積を変更することに伴い、前記レンズに対する印加電圧あるいは励磁電流を調整することで前記レンズの強度を調整する手段と、
 を有し、

前記ビームの面積を変更する手段により前記ビームの面積を小さくするとともに、前記レンズの強度を調整する手段により前記レンズに対する印加電圧あるいは励磁電流を大きくして前記レンズの強度を強くすることによってパターン解像度を向上させることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

【請求項 2】

前記ビームの面積を変更する手段は、機械的シャッタを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子線露光装置。

【請求項 3】

前記ビームの面積を変更する手段は、第 1 の偏向器、前記第 1 の偏向器により変更された前記ビームの一部を遮蔽する絞り、及び、前記絞りを通過した前記ビームを変更する第 2 の偏向器を含むことを特徴とする請求項 1 に記載の荷電粒子線露光装置。

【請求項 4】

複数本のビームを用いて、レンズを介して試料上にパターンを露光する荷電粒子線露光装置であって、

複数の開口がアレイ状に配置され、荷電粒子源から放出されるビームを前記複数本のビームに分割するアパーチャアレイと、

前記試料上に到達するビーム本数を変更する手段と、

前記ビーム本数を変更することに伴い、前記レンズに対する印加電圧あるいは励磁電流を調整することで前記レンズの強度を調整する手段と、

を有し、

前記ビーム本数を変更する手段により前記ビーム本数を減らすとともに、前記レンズの強度を調整する手段により前記レンズに対する印加電圧あるいは励磁電流を大きくして前記レンズの強度を強くすることによってパターン解像度を向上させることを特徴とする荷電粒子線露光装置。

10

【請求項 5】

前記ビーム本数を変更する手段は、機械的シャッタを含むことを特徴とする請求項 4 に記載の荷電粒子線露光装置。

【請求項 6】

前記ビーム本数を変更する手段は、前記複数本のビームを個々にオンオフするブランキングアレイを含むことを特徴とする請求項 4 に記載の荷電粒子線露光装置。

【請求項 7】

前記ビーム本数を変更する手段は、前記荷電粒子源から放出され前記アパーチャアレイに照射される前記ビームの面積を変更するコリメータレンズを含むことを特徴とする請求項 4 に記載の荷電粒子線露光装置。

20

【請求項 8】

請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 つに記載の荷電粒子線露光装置を用いて、試料に露光を行なう工程と、

露光された前記試料を現像する工程と、
を有することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

30

本発明は、主に半導体集積回路等の露光に用いられる電子ビーム露光装置やイオンビーム露光装置等の荷電粒子線露光装置に関し、特に、複数の荷電粒子線を用いてパターン描画を行う荷電粒子線露光装置及びその調整方法に関するものである。

【背景技術】

【0002】

微小デバイス（ＩＣやＬＳＩ等の半導体チップ、液晶パネル、ＣＣＤ、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）を製造する際、試料上にパターンを形成するための従来の荷電粒子線露光装置は、荷電粒子源から放出される荷電粒子を加速、成形、縮小し、試料上にビーム照射することによって所望のパターンを試料上に形成している。特に露光装置のスループットが要求される場合には上記ビームは一定面積を有するビームとなっており、所望の矩形、所望のパターン、若しくは所望の複数本ビームに成形される。そして成形されたビームの解像度はレンズ収差、安定度、及びビーム電流などによって設計時に決められた値となっている。

40

【特許文献 1】特開平 9 - 2 4 5 7 0 8 号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

しかしながら、上記従来例では解像度はあらかじめ決められた値となっているため、より精細なパターンを描画したい場合には装置の再設計が必要となる。また、解像度を変更するために縮小転写レンズの条件を変更すると、面積ビームの中心部とコーナー部で解像

50

度が大きく異なり、均一性の良い描画を行うことができない。

本発明は、上述の従来例における問題点を解消することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記の課題を解決するための本発明の荷電粒子線露光装置は、荷電粒子源から放出されるビームを用いて、マスク上に形成された複数のパターンをレンズを介して試料上に露光する荷電粒子線露光装置において、前記試料上に到達する前記ビームの面積を変更する手段と、前記ビームの面積を変更することに伴い、前記レンズに対する印加電圧あるいは励磁電流を調整することで前記レンズの強度を調整する手段と、を有し、前記ビームの面積を変更する手段により前記ビームの面積を小さくするとともに、前記レンズの強度を調整する手段により前記レンズに対する印加電圧あるいは励磁電流を大きくして前記レンズの強度を強くすることによってパターン解像度を向上させることを特徴とする。

10

【0005】

ここで、レンズの強度（光学特性）とは、光学レンズにおける屈折率に相当し、具体的には、静電レンズでは印加電圧の大きさに、磁気レンズでは励磁電流の大きさに対応する。

前記ビームの面積を変更する手段は、例えば機械的シャッタ等の機械的手段、または、第1の偏向器、前記第1の偏向器により変更された前記ビームの一部を遮蔽する絞り、及び、前記絞りを通過した前記ビームを変更する第2の偏向器で構成される電氣的若しくは磁氣的手段を含む。

20

【0007】

さらに、本発明の荷電粒子線露光装置は、複数本のビームを用いて、レンズを介して試料上にパターンを露光する荷電粒子線露光装置であって、複数の開口がアレイ状に配置され、荷電粒子源から放出されるビームを前記複数本のビームに分割するアパーチャアレイと、前記試料上に到達するビーム本数を変更する手段と、前記ビーム本数を変更することに伴い、前記レンズに対する印加電圧あるいは励磁電流を調整することで前記レンズの強度を調整する手段と、を有し、前記ビーム本数を変更する手段により前記ビーム本数を減らすとともに、前記レンズの強度を調整する手段により前記レンズに対する印加電圧あるいは励磁電流を大きくして前記レンズの強度を強くすることによってパターン解像度を向上させることを特徴とする。

30

【0008】

これらの荷電粒子線露光装置において、前記ビーム本数を変更する手段は、機械的シャッタや、前記複数本のビームを個々にオンオフするブランキングアレイや、前記荷電粒子源から放出され前記アパーチャアレイに照射される前記ビームの面積を変更するコリメータレンズを含む。前記レンズは、静電レンズを有し、前記光学特性を変更する手段は、前記静電レンズの印加電圧を調整する。あるいは、前記レンズは、磁気レンズを有し、前記光学特性を変更する手段は、前記磁気レンズの励磁電流を調整する。

【発明の効果】

【0009】

本発明によれば、最大ビーム面積を増減することによって解像度を制御することが可能であり、また、この装置を用いてデバイスを製造すれば、従来以上に高精度なデバイスを高いスループットで製造することができる。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

以下、本発明の実施の形態を実施例に基づき説明する。

荷電粒子線の一例として本実施形態では電子ビーム露光装置の例を示す。なお、本発明は、電子ビームに限らずイオンビームを用いた露光装置にも同様に適用できる。

【0011】

（電子ビーム露光装置の構成要素説明）

以下、本発明の実施例1を説明する。

50

図 1 は本発明の一実施例に係る電子ビーム露光装置の要部概略図である。

図 1 において、電子源 1 より放射状に放出される電子ビームは絞り 10、コリメータレンズ 2 によって所望の大きさを持った面積ビームに成形された後マスク 3 にほぼ垂直に入射される。マスク 3 は複数のパターンをもつマスクであり、試料 7 上に形成するパターンの相似パターンがあらかじめ作りこまれている。マスク 3 を通して成形された電子ビーム 9 はレンズ 4、6 によって 1/4 に縮小され試料 7 上に転写される。絞り 5 は散乱等による、パターン露光に不必要なビームを制限する為の絞りである。

【0012】

本装置の露光解像度はレンズ 4、6 の収差、マスク 3 によるビーム散乱、ビーム電流等によって決定される。これはレンズ形状及び励磁、マスク構造及び領域、ビーム電流を設定することに決定されるパラメータである。これらのパラメータはスループットや要求される解像度により設計時に決定される。

10

しかしながら従来の装置においては前記パラメータのうち、ビーム電流は容易に変更可能であるものの、その他のパラメータは変更することが非常に困難であった。したがって、ビームの解像度の変更は容易ではなく、装置の再設計が必要である場合が多かった。

【0013】

そこで本実施例では解像度変更を実現するために機械的シャッタ 8 を設け、ウエハ上に到達する面積ビーム領域(最大ビーム面積)を制限した。シャッタ 8 はビームの通過領域を制限するための開口面積が可変であるシャッタである。すなわち、本実施例ではシャッタ 8 により、露光領域(最大ビーム面積)を変更できるようにした。

20

面積ビーム領域と解像度の間には図 2 (a) に示す関係があり、面積ビーム領域が小さいほど、限界解像度は向上する。これは主にビーム面積(露光領域)を縮小することによって光学系の像面湾曲余裕度が広がることによる。光学系の像面湾曲はレンズ 4、6 の強度比によって変更可能であり、図 2 (b) に示す如くレンズ 6 の強度が強いほど像面湾曲が大きくなる一方、軸中心近傍での解像度は向上する。従って面積ビーム領域を変更すると同時にレンズ 4、6 の強度(光学特性)の再調整を行うことにより、対象とする描画パターンに対して最適な解像度及びビーム面積を設定することが可能である。

【0014】

本実施例ではシャッタ 8 のサイズを 1 mm 角、ウエハ 7 上での最大ビーム面積(露光領域)を 250 ミクロン角とした場合には 70 ナノメートルの解像度であるが、シャッタ 8 のサイズを 500 ミクロン角、ウエハ 7 上での最大ビーム面積を 125 ミクロン角に変更した場合には 60 ナノメートルの解像度を実現することができた。

30

なお、本実施例ではマスク 3 の直下にシャッタ 8 を設けたが、マスク 3 の上面、レンズ 6 の下面に設置する等、ウエハ 7 に到達する面積ビームを制限することができれば同様の効果が得られる。

【0015】

次に実施例 2 を説明する。

実施例 1 では機械的シャッタの動作により開口面積を制御したが、本実施例では電氣的動作により開口面積を制御する方式を説明する。図 3 を参照して、本方式では電子源 1 から放出された電子ビームはコリメータレンズ 2、絞り 10 によって成型された後偏向器 12-1、12-2 によって偏向される。偏向された面積ビームは絞り 11 により一部が遮蔽され、偏向器 12-3、12-4 によって再び軸上に戻される。本走査によりマスク 3 上のビーム面積(露光領域)を可変にすることができる。また、ビーム面積の増減に対応してレンズ 4、6 の励磁(光学特性)も調整する。

40

【0016】

本実施例ではビーム面積のサイズをマスク 3 上で 1 mm 角、ウエハ 7 上で 250 ミクロン角とした場合には 70 ナノメートルの解像度であるが、ビーム面積のサイズをマスク 3 上で 500 ミクロン角、ウエハ 7 上で 125 ミクロン角に変更した場合には 60 ナノメートルの解像度を実現することができた。

なお、本実施例ではマスク 3 の上側に偏向器及び絞りを設けたが、マスク 3 の下面に偏

50

向器と絞りを設けることによっても同様の効果が得られる。

【0017】

次に、図4を参照しながら実施例3を説明する。

実施例1、2ではマスク3の像をウエハ7上に転写したが、実施例3では別方式を用い像形成する方式を説明する。本実施例では電子源1から放出される電子ビームは絞り10、コリメータレンズ2によって成型された後アパーチャアレイ13に照射される。アパーチャアレイ13は開口が1024個、アレイ状に配置されており、照射されたビームを複数本(1024本)のビームに分割する役割を持つ。アパーチャアレイによって分割されたビームはレンズアレイ14、ブランキングアレイ15を通過し、縮小レンズ16、17及び対物レンズ18、19によって縮小成型された後ウエハ7に照射される。このときブランキングアレイ15は複数本のビームの一本一本を個々にオンオフすることができ、所望のパターンを形成することができる。ブランキングアレイ15とレンズアレイ14の間には機械的シャッタ8が設けられており、ウエハ7上に露光するビーム本数を任意に変更することが可能である。ビーム本数(ビーム面積)と解像度の間には実施例1で説明した如く、ビーム本数が少ないほど面積ビーム領域は狭まり、高い解像度を実現することができる。従って、ビーム本数を増減することにより露光するパターンに応じて解像度を変更することが可能である。逆に高解像度を要求されず、高スループットが要求される場合は面積ビーム領域を広げることによって目的を達成できる。なお、ビーム本数を変更した場合、レンズ10、11の条件(光学特性)も同時に変更することによって各々のビーム面積に応じた最高の解像度を実現することができる。

【0018】

本実施例ではシャッタ8のサイズを3.2mm角、ウエハ7上での面積ビームのサイズを64ミクロン角、ビーム本数1024本の場合には70ナノメートルの解像度であるが、シャッタ8のサイズを1.6mm角とし、シャッタ8を通過するビーム面積のサイズをアパーチャアレイ13上で1.6mm角、ウエハ7上で32ミクロン角、ビーム本数256本に変更した場合には60ナノメートルの解像度を実現することができた。

なお、本実施例では機械的シャッタをレンズアレイ14とブランキングアレイ15の間に設置したが、アパーチャアレイ13の上方、アパーチャアレイ13とレンズアレイ14の間、ブランキングアレイ15とレンズ16の間、レンズ17とレンズ18の間、レンズ19と試料7の間等、ビーム本数を制御することが可能である位置であれば、何所に設置しても同様の効果を得ることができる。

【0019】

次に、実施例4を説明する。実施例3では機械的シャッタを用いてビーム本数を制御したが、実施例4では電氣的にビーム本数を制御する方法を説明する。本実施例による露光装置の概念図を図5に示す。ブランキングアレイ15は個々のビームを任意にオンオフすることができる。そこでビーム本数を減らす、つまり解像度を向上させる場合には外側のビーム20、21を常時ブランキングし、露光に使用しないことによって最大ビーム面積を制御することができる。同時にレンズ18、19を調整することによって各面積に応じたビーム解像度を実現することができる。

【0020】

本実施例では複数ビームのサイズを最外周3.2mm角、ウエハ7上では64ミクロン角、ビーム本数1024本の場合には70ナノメートルの解像度であるが、ビーム面積のサイズをブランキングアレイ15通過時で最外周1.6mm角、ウエハ7上で32ミクロン角、ビーム本数256本に変更した場合には60ナノメートルの解像度を実現することができた。

【0021】

次に実施例5を説明する。上記実施例では機械的シャッタ若しくは磁氣的にビーム変更することによってビーム最大面積を制御していたが、本実施例では照明光学系を構成するレンズの条件(光学特性)の変更によって同様の効果を実現する。本実施例の露光装置を図6に示す。本実施例では電子源1より放出される電子をコリメータレンズ2、22によ

って成形しアパーチャアレイ 13 に照射する。コリメータレンズ 2、22 の励磁条件を制御することによって任意の大きさの面積ビームをアパーチャアレイ 13 上に照射することができる。面積ビームの大きさ及び形状は絞り 10 とコリメータレンズ 2、22 によって決定されるため、絞り 10 はアパーチャアレイ 13 の共役点である必要がある。

【0022】

本実施例では複数ビームのサイズをアパーチャアレイ 13 上で最外周 3.2 mm 角、ウエハ 7 上で 64 ミクロン角、ビーム本数 1024 本とした場合には 70 ナノメートルの解像度であるが、ビーム面積のサイズをアパーチャアレイ 13 上で最外周 1.6 mm 角、ウエハ 7 上で 32 ミクロン角、ビーム本数 256 本に変更した場合には 60 ナノメートルの解像度を実現することができた。

10

【0023】

以上の実施例ではビーム面積と解像度の関係を説明したが、ビーム面積(露光領域)を増減することによって一つの試料を露光する場合のスループットも同時に増減する。従って、本発明によれば、必要とされる解像度及びスループットから最適なビーム面積、解像度を設定することが可能である。

上記の実施例によれば、最大ビーム面積または露光領域を増減することによって解像度を制御することが可能である。また、変更したビーム面積に応じて露光光学系を構成するレンズの光学特性を変更することによって、そのビーム面積における最高の解像度を実現することができる。また、この装置を用いてデバイスを製造すれば、従来以上に高精度なデバイスを高いスループットで製造することができる。

20

【0024】

[半導体デバイス製造の実施例]

次に、この露光装置を利用した半導体デバイスの製造プロセスを説明する。

図 7 は半導体デバイスの全体的な製造プロセスのフローを示す図である。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う。ステップ 2 (EB データ変換) 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。

30

上記ステップ 4 のウエハプロセスは以下のステップを有する。ウエハの表面を酸化させる酸化ステップ、ウエハ表面に絶縁膜を成膜する CVD ステップ、ウエハ上に電極を蒸着によって形成する電極形成ステップ、ウエハにイオンを打ち込むイオン打ち込みステップ、ウエハに感光剤を塗布するレジスト処理ステップ、上記の露光装置によって回路パターンをレジスト処理ステップ後のウエハに焼付露光する露光ステップ、露光ステップで露光したウエハを現像する現像ステップ、現像ステップで現像したレジスト像以外の部分を削り取るエッチングステップ、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除くレジスト剥離ステップ。これらのステップを繰り返し行うことによって、ウエハ上に多重に回路パターンを形成する。

40

【図面の簡単な説明】

【0025】

【図 1】本発明の一実施例に係る電子ビーム露光装置の要部概略を示す図である。

【図 2】ビーム面積と解像度の関係を説明する図である。

【図 3】本発明の実施例 2 に係る電子ビーム露光装置の要部概略を示す図である。

【図 4】本発明の実施例 3 に係る電子ビーム露光装置の要部概略を示す図である。

【図 5】本発明の実施例 4 に係る電子ビーム露光装置の要部概略を示す図である。

50

【図 6】本発明の実施例 5 に係る電子ビーム露光装置の要部概略を示す図である。

【図 7】デバイスの製造プロセスのフローを説明する図である。

【符号の説明】

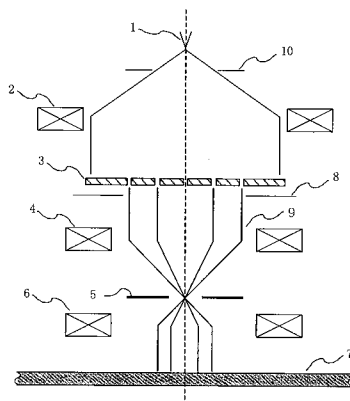
【 0 0 2 6 】

- 1 電子源
- 2, 2 2 コリメータレンズ
- 3 マスク
- 4, 6 縮小対物レンズ
- 5 絞り
- 7 試料
- 8 機械シャッタ
- 9 電子ビーム
- 1 0 制限絞り
- 1 1 成形絞り
- 1 2 - 1, 2, 3, 4 偏向器
- 1 3 アパーチャレイ
- 1 4 レンズアレイ
- 1 5 ブランキングアレイ
- 1 6, 1 7 縮小レンズ
- 1 8, 1 9 対物レンズ
- 2 0, 2 1 外周ビーム

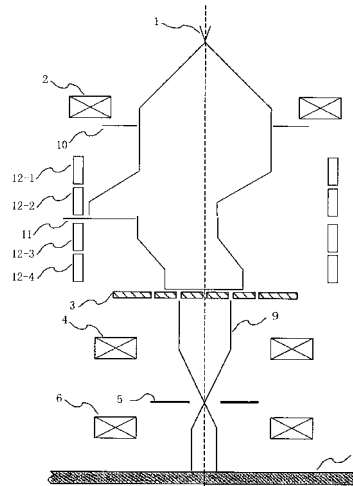
10

20

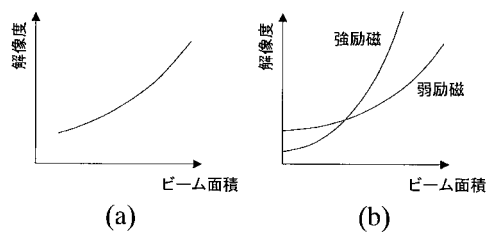
【図 1】



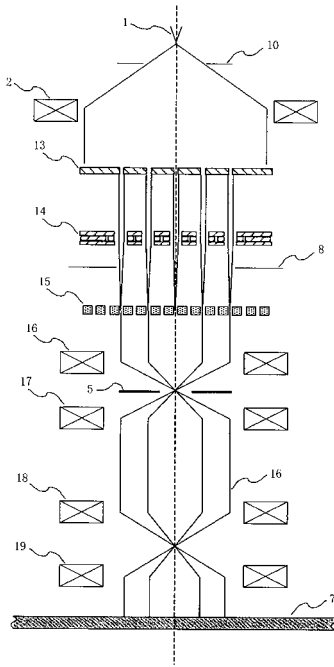
【図 3】



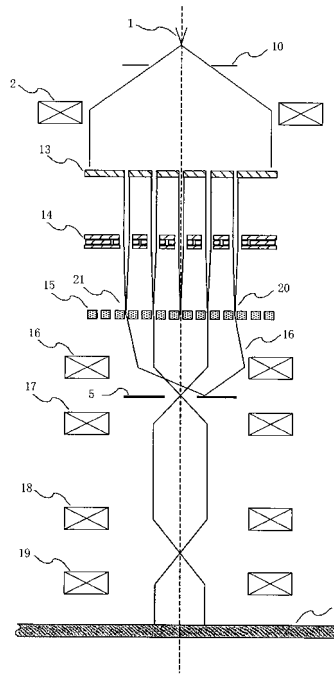
【図 2】



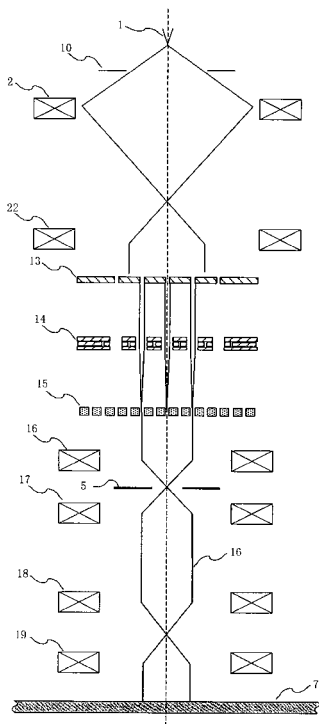
【図 4】



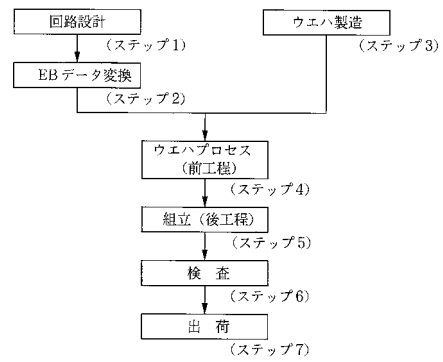
【図 5】



【図 6】



【図 7】



フロントページの続き

(74)代理人 100130409

弁理士 下山 治

(74)代理人 100134175

弁理士 永川 行光

(74)代理人 100086287

弁理士 伊東 哲也

(74)代理人 100086461

弁理士 齋藤 和則

(72)発明者 染田 恭宏

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

(72)発明者 上村 理

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内

審査官 植木 隆和

(56)参考文献 特開平07-153657(JP,A)

特開平05-062892(JP,A)

特開平11-176738(JP,A)

特開2002-353128(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

H01J 37/147

G03F 7/20