

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2004-134503

(P2004-134503A)

(43) 公開日 平成16年4月30日(2004.4.30)

(51) Int. Cl.⁷

H01L 21/027

G03F 7/20

G03F 9/00

H01J 37/147

H01J 37/305

F I

H01L 21/30

G03F 7/20

G03F 9/00

H01J 37/147

H01J 37/305

541K

504

H

C

B

テーマコード (参考)

2H097

5C033

5C034

5F056

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-296138 (P2002-296138)

(22) 出願日 平成14年10月9日 (2002.10.9)

(71) 出願人 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 100068504

弁理士 小川 勝男

(71) 出願人 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

(71) 出願人 390005175

株式会社アドバンテスト
東京都練馬区旭町1丁目32番1号

(74) 代理人 100068504

弁理士 小川 勝男

(74) 代理人 100086656

弁理士 田中 恭助

最終頁に続く

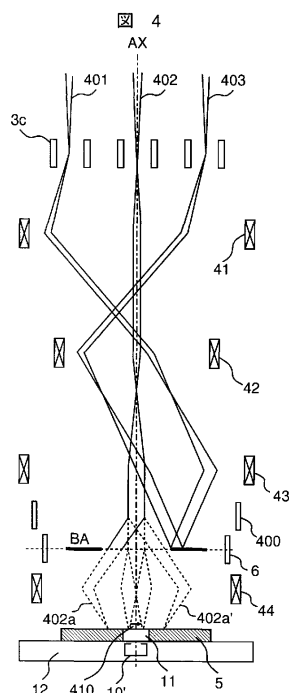
(54) 【発明の名称】 電子ビーム描画装置及び電子ビーム描画方法

(57) 【要約】

【課題】 マルチ電子ビーム描画装置において、描画偏向距離よりも大きなパターン計測を可能にするマーク位置検出方法を実現し、それを用いた電子ビーム描画技術を提供する。

【解決手段】 パターン計測用の偏向器(400)を別途設けることにより、個々の描画偏向距離以上の走査距離でパターン計測を行う。または、複数の電子ビームの走査開始時刻をずらして順次走査することにより、個々の描画偏向距離以上の走査距離でパターン計測を行う。

【選択図】 図4



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

所定の間隔で配列された複数の電子ビームを用いて試料に形成されたパターンを照射する手段と、前記複数の電子ビームから前記試料に照射する電子ビームを選択できる選択手段と、前記複数の電子ビームのうち選択された複数の前記電子ビームを前記試料に対して走査方向に略同一の変位量だけ変位させる変位手段と、前記変位手段によって前記電子ビームを走査方向に変位させた際に前記パターンから放出される反射電子もしくは2次電子もしくは透過電子を検出する電子検出手段とを有し、前記変位手段による前記変位量と前記電子検出手段の検出結果との関係に基づいて前記パターンの位置を計測するよう構成したことを特徴とする電子ビーム描画装置。

10

【請求項 2】

前記変位手段は、前記試料上に所望の描画を施す時に用いる第1の電子ビーム変位手段とは異なる第2の電子ビーム変位手段を有し、前記パターンの位置計測時の走査方向に配列された複数の電子ビームを、走査開始時刻をずらして順次走査することにより、前記第1の電子ビーム変位手段による変位量以上の大きさを有するパターンの位置計測を行うよう構成したことを特徴とする請求項1記載の電子ビーム描画装置。

【請求項 3】

前記走査方向に配列した複数の前記電子ビームを、計測される前記パターンの形状に応じて選択して走査し、前記パターンの位置計測を行うよう構成したことを特徴とする請求項1記載の電子ビーム描画装置。

20

【請求項 4】

前記複数の電子ビームは、前記走査方向と、前記走査方向と略直交する方向とに配列されていることを特徴とする請求項1記載の電子ビーム描画装置。

【請求項 5】

前記走査方向に配列した複数の前記電子ビームを、計測される前記パターンの形状に応じて選択して走査し、前記パターンの位置計測を行うよう構成したことを特徴とする請求項2記載の電子ビーム描画装置。

【請求項 6】

所定の間隔で配列された複数の電子ビームを用いて試料に形成された合わせ描画用マークを照射し、試料上に所望の描画を施す時に用いる電子ビーム変位手段とは異なる、前記試料上の位置を任意に変更可能な別の電子ビーム変位手段を用いて、前記描画時に用いる電子ビーム変位手段による変位量以上の大きさを有する前記マークのパターン計測を行うことを特徴とする電子ビーム描画方法。

30

【請求項 7】

試料に形成された合わせ描画用マークの位置計測時の走査方向に配列された複数の電子ビームを、走査開始時刻をずらして順次走査し、前記試料上に所望の描画を施す時に用いる電子ビーム変位手段による変位量以上の大きさを有する前記マークのパターン計測を行うことを特徴とする電子ビーム描画方法。

【請求項 8】

前記走査方向および前記走査方向と略直交する方向に配列された複数の電子ビームを前記マークのパターン形状に応じて選択し走査することにより、前記パターン計測を行うようにしたことを特徴とする請求項6記載の電子ビーム描画方法。

40

【請求項 9】

前記走査方向および前記走査方向と略直交する方向に配列された複数の電子ビームを前記マークのパターン形状に応じて選択し走査することにより、前記パターン計測を行うようにしたことを特徴とする請求項7記載の電子ビーム描画方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電子ビームにより試料上に所望の回路パターンを描画する電子ビーム描画技術

50

に関する。

【0002】

【従来の技術】

電子ビーム描画技術においては、すでに試料（例えば、ウエハ）上に形成されたパターンの位置に合わせて、別の新たなパターンを描画することが多い。このような合わせ描画を行うために、事前にウエハ上に形成された合わせマークの位置を検出し、その位置を基準として新たなパターンを描画している。

【0003】

デバイスの生産における、ウエハの大型化とパターンの微細化は今後さらに進むことが予想される。そのようなデバイスの生産に際してのリソグラフィー技術では、パターン形成において高い解像度が要求される層には電子ビーム描画装置を用い、その他の層にはスループットの高い他のリソグラフィー装置（例えば、i線ステッパー）を用いる、いわゆるミックス・アンド・マッチでの使用法が主流となりつつある。 10

【0004】

電子ビーム描画装置を他のリソグラフィー装置とのミックス・アンド・マッチ法で使用する際に、層間合わせに用いるマークを共通化するために、他のリソグラフィー装置で標準的に用いている合わせマークを電子ビーム描画装置でも検出する必要があるが生じてくる。電子ビーム描画に際しての合わせマークを他のリソグラフィー装置で用いているマークと共通化することによって、既存のプロセスのレチクルデザインを変更することなく電子ビーム描画技術の適用が可能となる。その上パターンの微細化に伴い、電子ビーム描画に対して 20

【0005】

従来の電子ビーム描画装置において、描画時に電子ビームを変位させる偏向器は、主偏向器、副偏向器の2段、または、副副偏向器を加えた3段である。3段偏向の場合、各偏向器の偏向量はそれぞれ、5 mm、500 μ m、50 μ m程度である。偏向量が最も大きい主偏向には電磁偏向器が使われる場合があり、物理的性質上、静電型の偏向器と比べて偏向速度は遅い。静電型で偏向量を大きくするには、偏向器を細長くするか、駆動電源の出力を大きくする必要がある。偏向器の細長化には電極間が近づくことによる放電の危険性や光学特性・実装上の制約、電源の高出力化には、駆動速度の低下といった問題が起こり得る。 30

【0006】

各偏向器は、駆動電源の安定度および制御系の保持ビット数と照らし合わせて、偏向量に適した偏向分解能が決められる。描画時は高分解能で高速駆動が要求され、通常最下位の偏向器を用いる。例えば、前記3段偏向の場合は副副偏向器がこれに相当し、描画領域は50 μ m四方程度となる。上位の偏向器は下位の偏向領域を移動させる役割を担う。

【0007】

スループットの向上すなわちトータルの描画時間短縮のためには、マーク位置検出も描画と同様、高速・高精度で計測を行う必要がある。そのため、マーク位置検出時に電子ビームを変位させる際にも最下位の描画用偏向器を用いるのが一般的である。

【0008】

従来、電子ビーム描画装置で用いてきたマークは、例えば、図2の(a)に示すようなマーク11'であり、大きさは30 μ m程度で、描画領域より小さく設定されている。一方、ステッパーのアライメントに用いるマークは、図2の(b)に一例を示すようなマーク11であり、例えば幅100 μ mといった描画領域を超える大きさのため、従来電子ビーム描画装置の描画用の偏向器による走査ではマーク全体をカバーできない。この場合、マーク上の一定範囲を走査するための描画用偏向器と、この偏向器による走査範囲の中心位置を指定するための大角度偏向可能な上位偏向器（例えば、副偏向器）とを組み合わせ用い、広い領域を走査している。 40

【0009】

以上のような背景における描画距離よりも大きなマークを使うことの必要性および利点と 50

して、▲1▼電子ビームと他のリソグラフィーとのミックス・アンド・マッチが行えること、▲2▼マーク製作が容易であること、▲3▼光によりマークの形状および位置の校正ができること、▲4▼検出電流量を増やせること、などが挙げられる。

【0010】

従来の電子ビーム描画においては、低スループットが課題であるが、スループット向上のために、電子ビームを複数化したマルチ電子ビーム描画方法が提唱されている（例えば、非特許文献1参照）。

【0011】

前記マルチ電子ビーム描画方法では、高速かつ高精度で描画を行う為に、描画用偏向器の偏向量は隣り合う電子ビームの間隔（数 μm ）程度に設定される。複数の電子ビームアレイが描画する領域は100 μm 程度あるため、描画領域を移動させる上位の偏向器の変位量は数mm程度に設定される。すなわち、マルチ電子ビーム描画装置においては、従来の電子ビーム描画装置と比べて、描画用偏向器とその上位の偏向器とでの偏向量の隔たりが著しい。また、描画用の偏向器のみを用いてマーク位置検出を行うためには、数 μm より小さいマークが必要になる。

【0012】

【非特許文献1】

「ジャーナル・オブ・バキューム・サイエンス・アンド・テクノロジー（Journal of Vacuum Science and Technology）、B18（6）
11／12月 2000年、3061－3066頁」

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

以上述べたように、マルチ電子ビーム描画装置の場合、描画用偏向器とその上位の偏向器との偏向量に大きな隔たりがある。マーク位置検出時に上位の偏向器を用いると偏向速度および精度が著しく低下するため、実質的に高速・高精度でマーク検出を行えるのは描画用偏向器のみになる。描画用偏向器の偏向量は隣り合う電子ビームの間隔程度に設定されているため、この偏向量より小さいマーク検出は従来の方法で可能であるが、偏向量より大きいマークを検出することは不可能であり、前述した従来の電子ビーム用マーク、および他のリソグラフィー用マークの検出は行えず、使用できるマークに制約ができるといった問題が起こる。

【0014】

また、微細なパターンを描画するために電子ビーム径を小さくすると、個々の電子ビームの電流量が小さくなる。そのため、1個の電子ビームでマーク検出を行う場合、検出時のノイズに対する検出電流量が小さく、検出精度が低くなることが懸念される。

【0015】

そこで、本発明の目的は、マルチ電子ビーム描画装置において、描画偏向距離よりも大きなパターン計測を可能にするマーク位置検出方法を実現し、それを用いた電子ビーム描画技術を提供することにある。

【0016】

【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するために、本発明によるマルチ電子ビーム描画装置のある形態は、物体（試料）上に予め決められた間隔で互いに異なる位置に複数の電子ビームを照射する手段と、前記複数の電子ビームから物体に照射する電子ビームを選択できる選択手段と、前記複数の電子ビームを前記物体に対して走査方向に略同一の変位量だけ変位させる変位手段と、前記変位手段によって前記複数の電子ビームを走査方向に変位させた際にパターンからの各電子ビームに対応した反射電子もしくは2次電子もしくは透過電子を検出する電子検出手段と、前記変位手段の変位量と前記電子検出手段の検出結果との関係に基づいて前記パターンの位置を決定する決定手段とを有することを特徴とする。

【0017】

前記複数の電子ビームは、前記走査方向と前記走査方向と略直交する方向に配列されていることを特徴とする。

【0018】

前記変位手段は、パターン計測時は描画時とは異なる手段であることを特徴とし（ここで、描画時の変位手段を変位手段1、パターン計測時の変位手段を変位手段2と記す）、変位手段2は、前記変位手段1による変位量以上の長さのパターン計測を行うことを特徴とする（この変位方法を、変位方法1と記す）。

【0019】

前記変位手段1は、前記走査方向の複数の電子ビームを、走査開始時刻をずらして順次走査することにより、変位手段1単独による変位量以上の長さのパターン計測を行うことを特徴とする（この変位方法を、変位方法2と記す）。 10

【0020】

前記変位手段2は、前記走査方向の複数の電子ビームを、走査開始時刻をずらして順次走査することにより、前記変位手段1による変位量以上の長さのパターン計測を行うことを特徴とする（この変位方法を、変位方法3と記す）。この際、計測が高速・高精度で行えるように、前記変位方法1の順次走査する電子ビーム数と、前記変位手段2の変位量の組み合わせを選択する。

【0021】

前記変位方法2および3は、走査開始時刻をずらして順次走査する際に、前記被計測パターンの形状に応じて前記走査方向の前記複数の電子ビームを選択し、計測時間を短縮することを特徴とする。 20

【0022】

前記電子検出手段は、前記走査方向と略直交する方向の前記複数の電子ビームを前記パターンの形状に応じて選択して用いることにより、前記電子ビームの検出電流量を増加させることを特徴とする。

【0023】

前記電子検出手段および前記決定手段は、前記走査方向と略直交する方向の前記複数の電子ビームを前記マークの形状に応じて選択して用いることにより、前記パターンのエッジラフネス（パターンエッジの不均一さ）を一回の計測で平均化することを特徴とする。

【0024】

前記変位方法1乃至3は、前記複数の電子ビーム間隔以上の長さを持つパターンの計測を行うことを特徴とする。 30

【0025】

このようにして、本発明によれば、描画距離よりも大きなパターン（合わせマーク）の検出が可能となる。これにより、他のリソグラフィーとのミックス・アンド・マッチが可能となる。また、光によるマーク位置およびマーク形状の検証が可能となる。その上マーク製作が容易となる。さらに、マークの形状に応じて走査する複数の電子ビームを選択することにより、高速で精度の高い合わせ描画が実現できる。

【0026】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施例について、図面を参照して説明する。 40

【0027】

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。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ー像を形成する（以下、このクロスオーバー像を光源と記す）。

【0028】

この光源から放射される電子は、その前側焦点位置が前記光源位置にある照射レンズ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3aと電子レンズ3bとブランキング電極3c 50

で構成される要素電子光学系が光軸AXに略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。

【0029】

要素電子光学系アレイ3は、光源の中間像をブランキング電極3cの位置に複数形成し、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、物体（例えば、ウエハ）5上に光源像を形成する。

【0030】

縮小電子光学系4は、第1投影レンズ41と第2投影レンズ42のセットと第1投影レンズ43と第2投影レンズ44のセットとからなる対称磁気ダ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ように設定されているので、理論上は、球面収差、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。

【0031】

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、複数の光源像を物体（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描画用偏向器（副偏向器）であり、7は副偏向器6で走査する領域を変位させる主偏向器である。主偏向器、副偏向器とも静電型偏向器である。

【0032】

8は、偏向器6および7を作動させた際に発生する偏向収差により光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電極であり、9は、ダイナミックフォーカス電極8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電極である。ダイナミックスティグ電極9の代わりに、偏向器6または7に電界を重ねる場合もある。

【0033】

10、10'は、要素電子光学系アレイ3からの電子ビームが、物体（ウエハ）5もしくは物体5上に形成された位置合わせのためのパターンすなわち合わせマーク11を照射した際に生じる反射電子もしくは2次電子もしくは透過電子を検出する検出器で、10が反射・2次電子検出器、10'が透過電子検出器である。

【0034】

12は、物体（ウエハ）5を載置し、光軸AX（Z軸）方向とZ軸回りの回転方向および光軸AX（Z軸）と略直交するXY方向に移動可能なステージである。

【0035】

次に、各要素電子光学系に関して説明する。

【0036】

要素電子光学系アレイ3中、3aは透過する電子ビームの形状を規定する開口を有する基板である。3bは、3つの開口電極で構成され、上下の電極を加速電位VOと同じにし、中間の電極を別の電位に保った収斂機能を有するユニポテンシャルレンズを用いた電子レンズである。3c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る。

【0037】

ユニポテンシャルレンズの上、下の電極310a、310cは、後述する焦点・非点制御回路1（15）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。

【0038】

ユニポテンシャルレンズの中間電極310bは、焦点・非点制御回路1（15）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3bの焦点距離が要素電子光学系毎に設定できる。その結果、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。

【0039】

照射レンズ2で略平行にされた電子ビームは、開口3aを介し、電子レンズ3bによって、ブランキング電極3cの位置に光源の中間像を形成する。この時、ブランキング電極3cの電極間に電界をかけていない(offの状態)と電子ビーム31のように偏向されない。一方、ブランキング電極3cの電極間に電界をかける(onの状態)と電子ビーム32、33のように偏向される(偏向される前の光路を32'、33'の点線で示してある)。電子ビーム31と電子ビーム32、33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、縮小光学系4の瞳位置(図1のP面上)では電子ビーム31と電子ビーム32、33は互いに異なる領域に入射される。物体(ウエハ)5上には要素電子光学系アレイ3で作られたマルチ光源の縮小像が結像されている。ブランキング電極3cがonになっている電子ビームを遮るために縮小電子光学系の瞳位置(図1のP面上)にブランキング開口BAを設けてあり、図1の例では、電子ビーム31だけが物体(ウエハ)5上に照射され、他の電子ビーム32および33は照射されていない。

【0040】

次に、本実施例のシステム構成を説明する。

【0041】

照射電子光学系制御回路13は、照射レンズ2の励磁電流を変化させて、要素電子光学アレイ3への電子ビームの照射条件を調整する制御回路である。

【0042】

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3cを個別にon/offする制御回路、焦点・非点制御回路1(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)を個別に制御する制御回路である。

【0043】

焦点・非点制御回路2(16)は、ダイナミックスティグコイル8およびダイナミックフォーカスコイル9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、7および後述するマーク検出用偏向器400を制御する回路、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、光学特性回路19は、縮小電子光学系4を構成する電磁レンズの励磁電流を変化させ回転収差や光軸を調整する制御回路である。

【0044】

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

【0045】

制御系22は、描画パターンに関する情報が記憶されたメモリ23からの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検出器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。

【0046】

次に、図3を用いて、描画時の電子ビームの変位方法に関して説明する。ここでは 9×9 個の正方格子状要素電子光学系アレイにより作られた電子ビーム列を例にとって説明する。

【0047】

300は、物体(ウエハ)上の電子ビーム列が描画用偏向器(副偏向器)により走査される領域であり、サブフィールド(SF)と呼ぶ。描画用偏向器の変位範囲は個々の電子ビーム(図中、点線円)の間隔程度に設定されており、数 μm 角程度である。描画用偏向器による個々の電子ビームの変位領域を301で示した。SF(304)は数十 $\times$ 数十個の電子ビームにより形成され、100 μm 角程度の大きさになる(本例では、説明を容易にするため電子ビーム数を少なくしている)。

【0048】

前記 S F は、主偏向器 7 により偏向させる。その変位範囲を 3 0 2 で示した。この変位領域はメインフィールド (M F) (3 0 3) と呼び、数 m m 角程度である。

【0 0 4 9】

さらにステージ移動 3 0 4 により M F を変位させて、物体 (ウエハ) 上に描画パターンを網羅させる。

【0 0 5 0】

次に、図 4 を用いて、パターン計測用の偏向器を別途設けたパターン計測、とりわけマーク検出方法の一例を示す。

【0 0 5 1】

物体 (ウエハ) 5 上には要素電子光学系アレイ 3 で作られたマルチ光源の縮小像が結像されている。ブランキング電極 3 c が全て on であれば、ブランキング開口 B A で全ての電子ビームが遮られるため、物体 (ウエハ) 上に電子ビームは照射されない。マーク位置検出に際しては、予め全て電子ビームが物体 (ウエハ) 5 上に照射されないようにし、マーク 1 1 が光軸 A X の略上に位置するようにステージ 1 2 が駆動されるよう制御系 2 2 からステージ駆動制御回路 2 0 に命令が送られる。

【0 0 5 2】

本検出方法では、計測方向に関しては光軸にもっとも近い電子ビームを用いる (図 4 中では、電子ビーム 4 0 2)。それまでブランキングされていた全電子ビームのうち、マーク検出に使う電子ビーム 4 0 2 のブランキング電極 3 c のみ off にし、電子ビーム 4 0 2 が物体 (ウエハ) 5 上に到達するように、制御系 2 2 からブランキング制御回路 1 5 にブランキング解除信号が送られる。このとき、その他のビーム 4 0 1、4 0 3 はブランキング開口 B A で遮られ、物体 (ウエハ) 5 上には到達しない。描画用偏向器 6 による物体 (ウエハ) 5 上での電子ビーム 4 0 2 の変位量を矢印 4 1 0 で示してある。電子ビームの変位量 4 1 0 はマーク 1 1 の幅より小さい。

【0 0 5 3】

本検出方法では、パターン計測用に偏向器 4 0 0 を付加している。制御系 2 2 から偏向制御回路 1 7 に電子ビーム偏向信号が送られ、電子ビーム 4 0 2 は物体 (ウエハ) 5 上を走査される。このときパターン計測用偏向器 4 0 0 を用いると、物体 (ウエハ) 5 上では 4 0 2 a から 4 0 2 a' まで走査される。

【0 0 5 4】

電子ビーム 4 0 2 a - 4 0 2 a' をマーク 1 1 上で走査した際の反射電子または 2 次電子または透過電子量を検出器で検出し、得られた検出信号をオフセット、ゲイン調整回路 2 6 にてオフセット、ゲイン調整をした後、A / D 変換器 2 7 によりデジタル信号に変換し、これをマーク信号として用いる (図 4 では透過電子検出器 1 0' を例示した)。このマーク信号はマークの断面形状を反映したものとなる。信号処理回路 2 8 では、デジタル信号に変換されたマーク信号に基づいて、マーク中心位置を検出するための信号処理が行われる。

【0 0 5 5】

図 5 ~ 図 7 を用いて、本実施例におけるパターン形状、とりわけ合わせマーク形状に応じたビーム選択を示す。ここでは 1 8 × 1 8 個の正方格子状の電子ビーム列 (X、Y) (X = 1 ~ 1 8、Y = 1 ~ 1 8) を例にとって説明する。

【0 0 5 6】

図 5 において、計測方向に関して光軸に近い電子ビームは、X = 9 または 1 0 であるので、ここでは X = 9 を用いる。

【0 0 5 7】

図 5 に示す棒状のマーク 1 1 を走査する時の、偏向信号とブランキング信号の時間変化を模式的に図 6 に示す。偏向器 4 0 0 への偏向信号は 1 回で、ブランキング信号は X = 9 のみ off、それ以外はすべて on になる。

【0 0 5 8】

位置検出に用いられるマークは、一般に、物体 (ウエハ) 上に段差または溝を設けるか、

異なる物質を用いることにより形成される。このときの段差、あるいは互いに異なる物質の境界をマークのエッジと呼ぶ。マーク検出において、通常計測の対象となるのは走査方向に略垂直なマークのエッジである。走査方向と略直交する方向にある複数の電子ビームは、走査方向に関して同じ位置であれば、前記計測に用いるエッジ（被走査エッジ）をはみ出さない範囲内で略同時に走査することが可能である。

【0059】

図5の棒状のマーク11では、複数の電子ビーム $Y=4\sim15$ の電子ビームを用いてマーク検出を行うことが可能である。これら複数の電子ビームによる反射電子または2次電子または透過電子は全て加算されて検出される。これにより、検出電流量が増加し、検出効率が增加する。

10

【0060】

一般的にマークのエッジは直線ではなく不均一である（エッジラフネス）。このエッジラフネスはマーク位置検出の不確定さとなるため、従来は場所を少しずつ変えた複数回走査の平均をとっている。本発明のように被走査エッジと略平行な複数の電子ビームを同時に走査することにより、エッジラフネスの平均化が一回の走査で可能となり、マーク検出にかかる計測時間を短縮することが可能となる。

【0061】

図7の井桁マーク11'では、 $Y=6\sim8$ 、 $11\sim13$ の電子ビームが被走査エッジをはみ出さない範囲の電子ビームである。これら複数の電子ビームによる反射電子または2次電子または透過電子は全て加算して検出することにより、検出電流量が増加し、エッジラフネスを一回の計測で平均化することが可能となる。

20

【0062】

次に、図8を用いて複数の電子ビームの走査開始時刻をずらして順次走査するパターン計測方法、とりわけ合わせマーク検出方法の一例を説明する。描画用偏向器6による物体（ウエハ）5上での電子ビームの変位量を矢印600で示してある。合わせ描画の際に用いる物体（ウエハ）5上のマーク11は、走査方向の幅が偏向器6による変位量（矢印600）よりも大きい。

【0063】

マーク位置検出に際して、予め全てのブランキング電極3cをonにして物体（ウエハ）5上に電子ビームが照射されないようにし、マーク11が光軸AXの略上に位置するようにステージ12が駆動させる。

30

【0064】

次いで、それまでブランキングされていた全電子ビームのうち、初めにマーク検出に使う電子ビーム601のブランキング電極3cのみoffにし、電子ビーム601が物体（ウエハ）5上に到達するように、制御系22からブランキング制御回路15にブランキング解除信号が送られる。このとき、その他のビーム602、603はブランキング開口BAで遮られており、物体（ウエハ）上には到達しない。制御系22から偏向制御回路17に電子ビーム偏向信号が送られると、偏向器6によって電子ビーム601が物体（ウエハ）5上を図8（a）に示す6010-6011の様に走査される。

【0065】

電子ビーム601の走査が完了すると略同時に、図8（b）のようにビーム602のブランキング電極3cのみoffにし、次の走査を行う。この結果ビームは6020から6021まで移動する。その後ビーム603のブランキング電極3cのみoffにして、図8（c）に示すように6030から6031までビームを移動させる。このように走査開始時刻をずらし順次走査する電子ビーム変えることにより6010から6031までの領域の走査が可能となる。

40

【0066】

電子ビーム6010-6031でマーク11上を走査した際の反射電子または2次電子または透過電子を検出器で検出し、得られた検出信号をオフセット、ゲイン調整回路26にてオフセット、ゲイン調整をした後、A/D変換器27によりデジタル信号に変換し、こ

50

れをマーク信号として用いる（図 8 では、反射・2 次電子検出器 10 を例示した）。このマーク信号はマークの断面形状を反映したものとなる。信号処理回路 28 では、デジタル信号に変換されたマーク信号に基づいて、マーク中心位置を検出するための信号処理が行われる。

【0067】

図 9～図 13 を用いて、パターン形状、とりわけ合わせマーク形状に応じたビーム選択を示す。ここでは 18×18 個の正方格子状の電子ビーム列を例にとって説明する。

【0068】

マーク検出において、ブランキング電極 3c が off になっている電子ビームは全て略同時に走査され、検出器が 1 個の場合、これらブランキング電極 3c が off になっている全ての電子ビームによる反射電子または 2 次電子または透過電子は加算され検出される。 10

【0069】

走査方向と略直交する方向にある複数の電子ビームは、走査方向に関して同じ位置であれば、計測に用いるエッジ（被走査エッジ）をはみ出さない範囲内で略同時に走査することが可能である。

【0070】

図 9 の棒状のマーク 11 では、複数の電子ビーム（X、Y）（ $X = 1 \sim 18$ 、 $Y = 1 \sim 18$ ）の中、走査方向（X）に略直交し、マークをはみ出さない範囲の電子ビームは $Y = 4 \sim 15$ である。各 X 値に対し、 $Y = 4 \sim 15$ の電子ビームは同時に走査される。X は 1 から 18 まで開始時刻をずらして順次走査される。このときの偏向信号とブランキング信号の時間変化を図 10 に模式的に示す。図 9 における $X = 1 \sim 18$ を走査するために、偏向器 6 への偏向信号は 18 回発せられる。偏向信号に同期して、ブランキング信号は $X = 1$ から 18 まで順にひとつずつ off になる（それ以外は on）。 20

【0071】

各 X に対し同時に走査される $Y = 4 \sim 15$ の電子ビームによる反射電子もしくは 2 次電子もしくは透過電子は、全て加算されて検出される。複数の電子ビームが加算されることにより、検出電流量が増加し、検出効率が増加する。

【0072】

図 11 の井桁マーク 11' では、 $Y = 6 \sim 8$ 、 $11 \sim 13$ の電子ビームが被走査エッジをはみ出さない範囲の電子ビームである。これら複数の電子ビームによる反射電子もしくは 2 次電子もしくは透過電子は全て加算して検出することにより、検出電流量が増加し、エッジラフネスを一回の計測で平均化することが可能となる。 30

【0073】

本発明における複数の電子ビームを順次走査する方法では、走査方向に関してパターンすなわちマークの形状に応じて電子ビームを選択することにより、マークの走査時間を短縮することが可能となる。この場合、電子ビームの走査領域がマークを含む最低数となるように選択することが望ましい。

【0074】

図 12 の棒状マーク 11 であれば、 $X = 1 \sim 2$ 、 $4 \sim 5$ 、 $7 \sim 8$ 、 $10 \sim 11$ 、 $13 \sim 14$ 、 $16 \sim 17$ の順でブランキング電極 3c を off にすれば、 $X = 1 \sim 18$ の全てを順次 off にした場合の $2/3$ の時間での走査が可能となる。 40

【0075】

図 8 において、描画用偏向器 6 の代わりにパターン計測偏向器 400 を用いて、描画用偏向器 6 の変位量以上の長さをもつマークの位置検出を行える。この際、パターン計測偏向器 400 の変位量と順次走査する電子ビーム数の組み合わせを選択し、用いる電子ビーム数、パターン計測偏向器 400 制御回路の電源電圧・保持ビット数を考慮して、高速・高精度で計測を行う条件を選択する。

【0076】

図 13 において偏向器 400 の変位量を矢印 700 とすると、 $X = 2$ 、 5 、 8 、 11 、 14 の順でブランキング電極 3c を off にし、マーク検出を行うことができる。 50

【0077】

以上詳述したように、本発明では、描画時に用いる電子ビーム変位手段とは異なるパターン計測用の変位手段を付加することにより、描画時に用いる電子ビーム変位手段による変位量以上の長さのパターン計測を行える。これにより、他のリソグラフィーとのミックス・アンド・マッチ、および、光によるマークの形状及び位置の検証が可能となり、マーク製作が容易になる。

【0078】

また、パターン計測時の走査方向に配列された複数の電子ビームを、走査開始時刻をずらして順次走査することにより、描画時に用いる電子ビーム変位手段による変位量以上の長さのパターン計測を行える。これにより、他のリソグラフィーとのミックス・アンド・マ

10

【0079】

また、パターン計測用変位手段を用い、パターン計測時の走査方向に配列された複数の電子ビームを、走査開始時刻をずらして順次走査することにより、描画時に用いる電子ビーム変位量以上の長さのパターン計測を行える。これにより、他のリソグラフィーとのミックス・アンド・マッチ、および、光によるマークの形状及び位置の検証が可能となり、マーク製作が容易になる。また、計測が高速・高精度に行えるように、パターン計測用変位手段の変位量と順次走査する電子ビーム数の組み合わせを選択できる。

【0080】

また、前記走査方向に配列した前記複数の電子ビームを、前記被計測パターンの形状に応じて選択して走査しパターン計測を行うことにより、全体を走査する場合に比べて計測時間を短縮できる。

20

【0081】

また、走査方向に関し同じ位置であって走査方向と略直交する方向に配列された複数の電子ビームを、パターンの形状に応じて選択し走査することにより、検出電流量を増やし、パターンエッジの不均一さを一回の計測で平均化でき、高速で高精度の計測が可能となる。

【0082】

以上の全実施例では、1個の電子源から出た電子ビームを要素光学系で複数の電子ビームに分けたシステムを用いて説明したが、複数の光源によるマルチビームシステムでも同様に当てはまる。

30

【0083】

【発明の効果】

本発明によれば、マルチ電子ビーム描画装置において、描画偏向距離よりも大きなパターン計測を可能にするマーク位置検出方法を実現し、それを用いた電子ビーム描画技術を提供できる。

【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とシステム構成を示す図。

【図2】本発明で検出対象となるマーク形状の一例を示す図。

40

【図3】描画時の電子ビームの変位方法を説明する図。

【図4】パターン計測用の偏向器を別途設けて、個々の走査距離より大きなパターン（マーク）を検出する方法を説明する図。

【図5】パターン計測用の偏向器を別途設けてパターン計測（マーク検出）を行う場合の、マーク形状に応じたビーム選択の一例を説明する図。

【図6】図5に示すマークを走査する時の偏向信号とブランキング信号の時間変化を示す図。

【図7】図5におけるマーク形状に応じたビーム選択の別の例を説明する図。

【図8】複数の電子ビームの走査開始時刻をずらして順次走査し、個々の走査距離より大きなパターン計測（マーク検出）を行う方法を説明する図。

50

【図 9】複数の電子ビームを順次走査してパターン計測（マーク検出）を行う場合の、パターン（マーク）形状に応じたビーム選択の一例を説明する図。

【図 10】図 9 に示すマークを走査する時の偏向信号とブランキング信号の時間変化を示す図。

【図 11】図 9 におけるマーク形状に応じたビーム選択の別の例を説明する図。

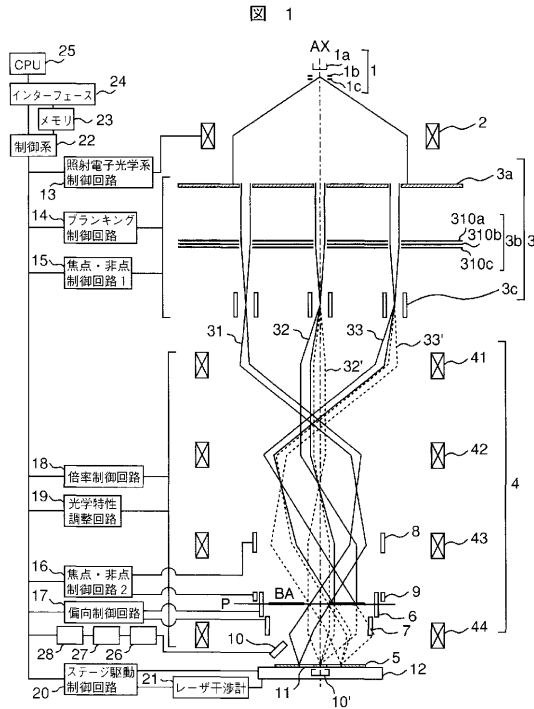
【図 12】図 9 におけるマーク形状に応じたビーム選択のさらに別の例を説明する図。

【図 13】図 9 におけるマーク形状に応じたビーム選択のさらに別の例を説明する図。

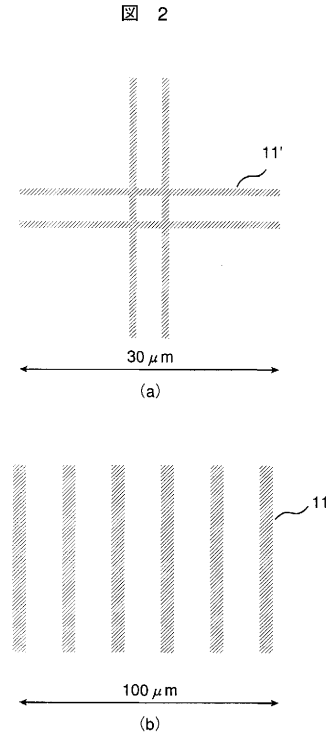
【符号の説明】

1…電子銃、1 a…カソード、1 b…グリッド、1 c…アノード、2…照射レンズ、3…要素電子光学系アレイ、3 a…電子ビーム分割開口基板、3 b…電子レンズ、3 1 0 a…上電極、3 1 0 b…中間電極、3 1 0 c…下電極、3 c…ブランキング電、4…縮小電子光学系、4 1…第 1 縮小系第 1 投影レンズ、4 2…第 1 縮小系第 2 投影レンズ、4 3…第 2 縮小系第 1 投影レンズ、4 4…第 2 縮小系第 2 投影レンズ、5…物体（ウエハ）、6…副偏向器、7…主偏向器、8…ダイナミックフォーカス電極、9…ダイナミックスティグ電極、1 0…反射・2 次電子検出器、1 0'…透過電子検出器、1 1、1 1'…マーク、1 2…試料ステージ、1 3…照射電子光学系制御回路、1 4…ブランキング制御回路、1 5…焦点・非点制御回路 1、1 6…焦点・非点制御回路 2、1 7…偏向制御回路、1 8…倍率制御回路、1 9…光学特性制御回路、2 0…ステージ駆動制御回路、2 1…レーザ干渉計、2 2…制御系、2 3…メモリ、2 4…インターフェース、2 5…CPU、2 6…オフセット、ゲイン調整回路、2 7…A/D 変換器、2 8…信号処理回路、3 1…ブラン 10
キングされない電子ビーム、3 2…ブランキングされた電子ビーム、3 2'…3 2 のブラン
キングされる前の軌道、3 3…ブランキングされた電子ビーム、3 3'…3 3 のブラン
キングされる前の軌道、A X…光軸、B A…ブランキング開口、P…第 2 縮小光学系の瞳
位置、3 0 0…サブフィールド（S F）、3 0 1…一つの電子ビームが描画用偏向器（偏
向器 6）により走査される領域、3 0 2…主偏向器による変位領域、3 0 3…メインフ
ールド（M F）、3 0 4…ステージ移動領域、4 0 0…パターン計測用偏向器、4 0 1…
パターン計測（マーク検出）に用いない電子ビーム、4 0 2…パターン計測（マーク検出
）に用いる電子ビーム、4 0 2 a…パターン計測用偏向器による変位開始位置、4 0 2 a'
…パターン計測用偏向器による変位終了位置、4 0 3…パターン計測（マーク検出）に
用いない電子ビーム、4 1 0…偏向器 6 による変位範囲、6 0 0…偏向器 6 による変位範 30
囲、6 0 1…最初に走査される電子ビーム、6 0 1 0…6 0 1 の偏向器 6 による変位開始
位置、6 0 1 1…6 0 1 の偏向器 6 による変位終了位置、6 0 2…2 番目に走査される電
子ビーム、6 0 2 0…6 0 2 の偏向器 6 による変位開始位置、6 0 2 1…6 0 2 の偏向器
6 による変位終了位置、6 0 3…3 番目に走査される電子ビーム、6 0 3 0…6 0 3 の偏
向器 6 による変位開始位置、6 0 3 1…6 0 3 の偏向器 6 による変位終了位置、7 0 0…
偏向器 4 0 0 による変位範囲。

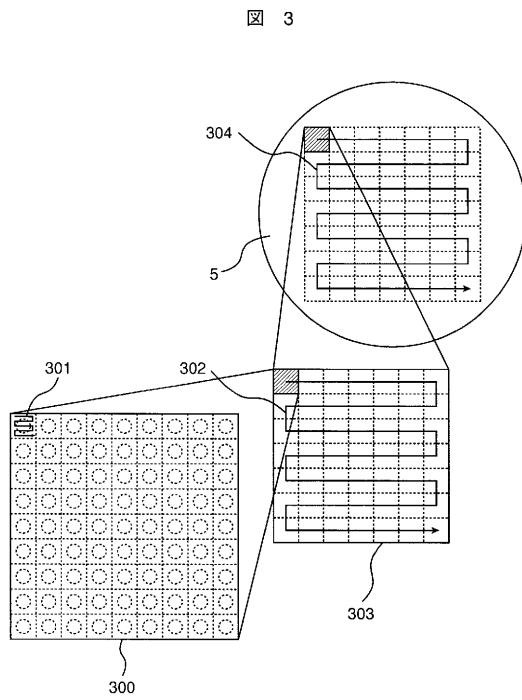
【図 1】



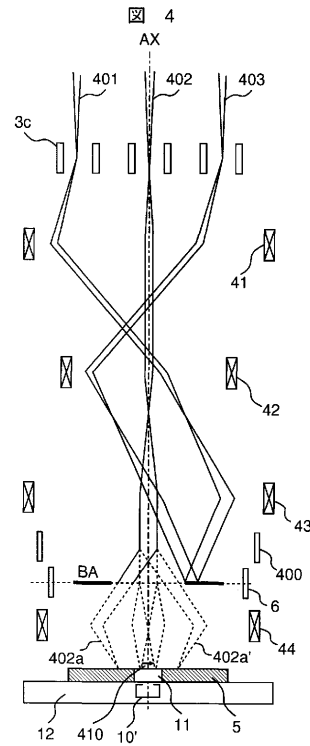
【図 2】



【図 3】

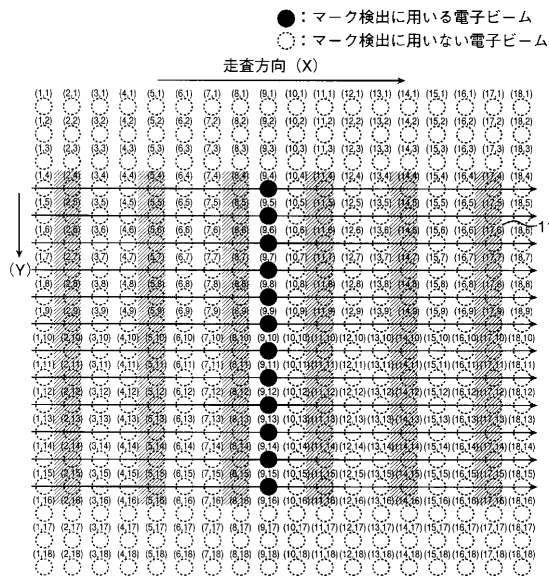


【図 4】



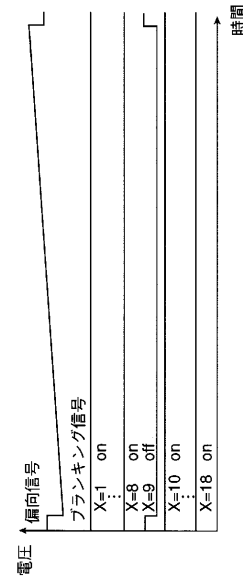
【図 5】

図 5



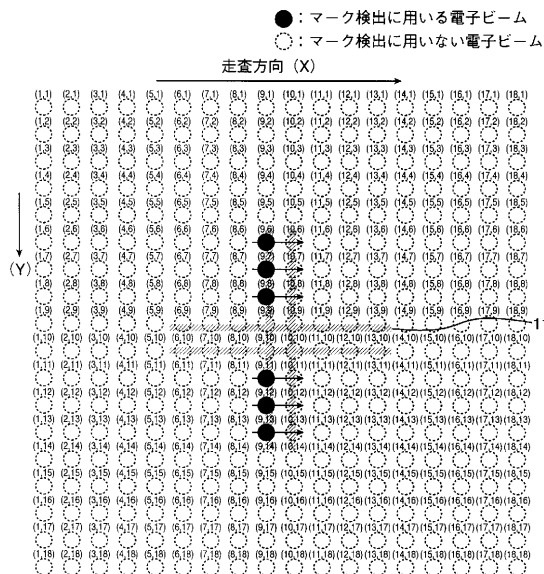
【図 6】

図 6



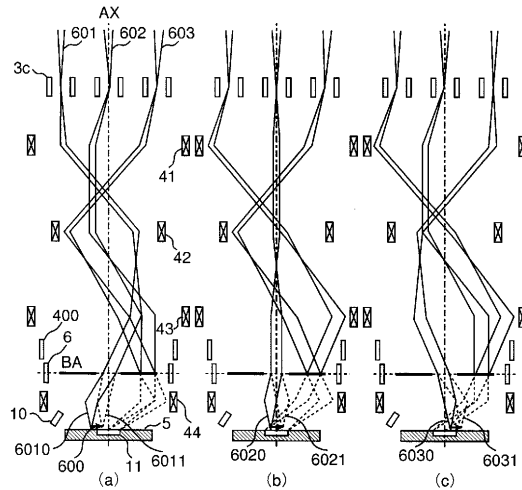
【図 7】

図 7

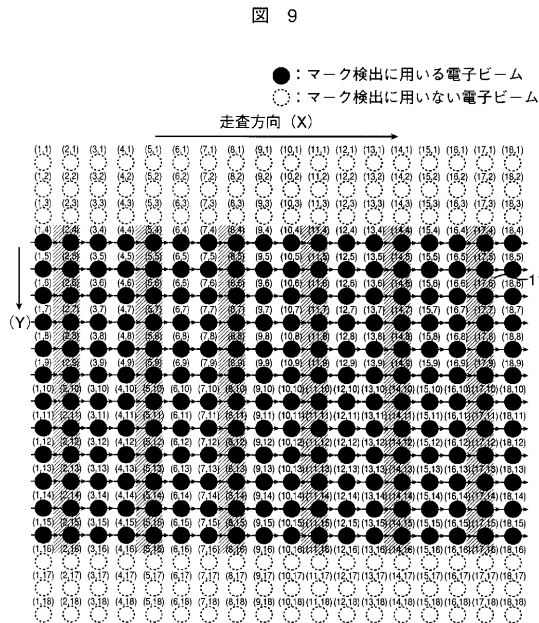


【図 8】

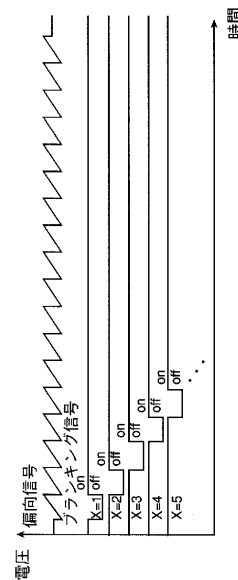
図 8



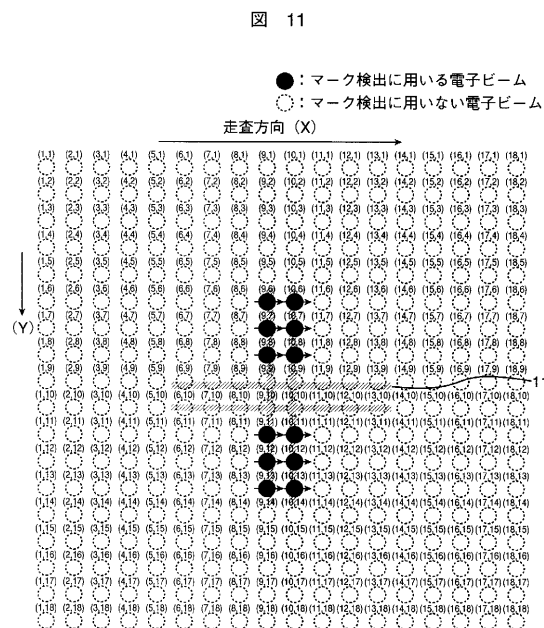
【図 9】



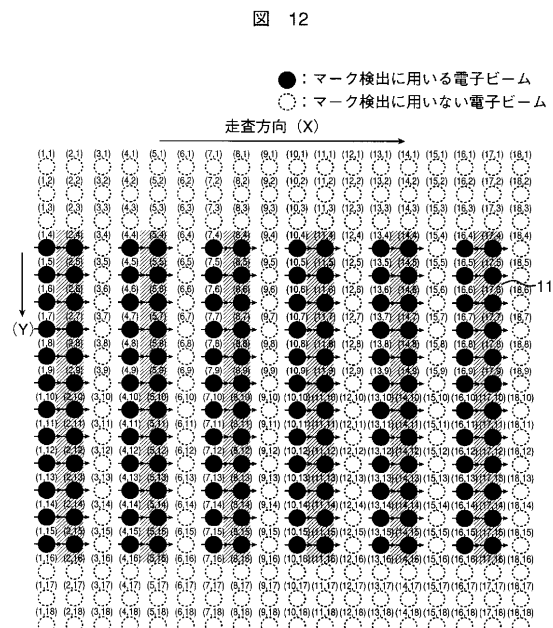
【図 10】



【図 11】

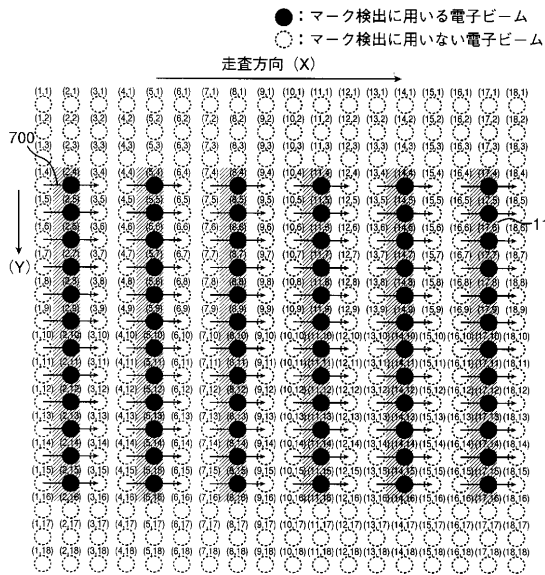


【図 12】



【図 13】

図 13



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷ F I テーマコード (参考)
H O 1 L 21/30 5 4 1 W

(72)発明者 上村 理
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 早田 康成
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目 2 8 0 番地 株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 中村 元
東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社内

(72)発明者 高桑 真樹
東京都練馬区旭町 1 丁目 3 2 番 1 号 株式会社アドバンテスト内

F ターム (参考) 2H097 AA03 CA16 KA13 KA15 KA20 LA10
5C033 GG03 NN01 NN02 NN03
5C034 BB04 BB07
5F056 AA16 AA33 BD05 CB15 EA06