

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4601482号
(P4601482)

(45) 発行日 平成22年12月22日(2010.12.22)

(24) 登録日 平成22年10月8日(2010.10.8)

(51) Int.Cl.

F 1

HO1L 21/027	(2006.01)	HO1L 21/30	529
GO3F 7/20	(2006.01)	GO3F 7/20	501
HO5K 3/00	(2006.01)	HO5K 3/00	G
B41J 2/01	(2006.01)	HO5K 3/00	H
		B41J 3/04	101Z

請求項の数 9 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2005-126614 (P2005-126614)
 (22) 出願日 平成17年4月25日 (2005.4.25)
 (65) 公開番号 特開2006-66877 (P2006-66877A)
 (43) 公開日 平成18年3月9日 (2006.3.9)
 審査請求日 平成20年2月14日 (2008.2.14)
 (31) 優先権主張番号 特願2004-221778 (P2004-221778)
 (32) 優先日 平成16年7月29日 (2004.7.29)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000190688
 新光電気工業株式会社
 長野県長野市小島田町80番地
 (74) 代理人 100099759
 弁理士 青木 篤
 (74) 代理人 100092624
 弁理士 鶴田 準一
 (74) 代理人 100113826
 弁理士 倉地 保幸
 (74) 代理人 100082898
 弁理士 西山 雅也
 (74) 代理人 100081330
 弁理士 樋口 外治

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 描画装置および描画方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

描画対象面の相対移動方向に沿って複数の描画素子が並ぶ設計上の間隔が描画データにおける単位画素間隔の整数倍となるよう設計された描画エンジンを用いて前記描画対象面上に直接描画することで、所望の描画パターンを形成する描画装置であって、

前記設計上の間隔と、前記複数の描画素子が並ぶ実際の間隔との相違を用いて前記描画データを補正して補正済み描画データを生成する補正手段と、

前記実際の間隔を前記整数で除算することで得られる実測画素間隔に相当する距離だけ前記描画対象面が相対移動するごとに、前記描画エンジンが一度に描画可能な前記描画対象面上の描画ブロックへの直接描画に必要な分だけの前記補正済み描画データを、前記描画エンジンへ供給する供給手段と、

を備え、

前記補正済み描画データに基づいた描画パターンを形成することを特徴とする描画装置。

【請求項 2】

前記補正手段は、前記設計上の間隔と前記実際の間隔における比の値を前記描画データにおける前記相対移動方向の画像の伸縮率として前記描画データを補正し、前記補正済み描画データを生成する請求項1に記載の描画装置。

【請求項 3】

前記描画対象面が相対移動した単位距離ごとに出力されるマスタークロックを生成する

クロック生成手段と、

前記供給手段による前記補正済み描画データの前記描画エンジンへの供給のタイミングの基準となる同期信号を、前記マスタークロックに基づいて生成する同期手段と、をさらに備える請求項1に記載の描画装置。

【請求項4】

前記同期手段は、

相互に単位を合わせた、前記実測画素間隔と、周期的に出力される前記マスタークロックの波長と、の最小公倍数を算出する第1の演算手段と、

ゼロから前記最小公倍数を前記実測画素間隔で除算した値までの範囲に属する各整数をt、前記実測画素間隔をa、前記マスタークロックの波長をfとしたとき、

絶対値|s[t] × f - t × a|の値が最小となる配列要素s[t]を、各前記整数tについて算出する第2の演算手段と、

前記マスタークロックを前記第2の演算手段で算出された前記配列要素s[t]の値までカウントしたときに、前記同期信号を出力する出力手段と、を有する請求項3に記載の描画装置。

【請求項5】

前記同期手段は、

前記マスタークロックの波長の積算値を格納するための第1の積算手段と、

前記マスタークロックを受信したとき、前記第1の積算手段に格納されている前記マスタークロックの波長の積算値に、前記マスタークロックの波長をさらに加算する第1の加算手段と、

前記実測画素間隔の積算値を格納するための第2の積算手段と、

前記第1の積算手段に格納されている前記マスタークロックの波長の積算値と、前記第2の積算手段に格納されている前記実測画素間隔の積算値と、の減算値の絶対値を算出する減算手段と、

前記減算値の絶対値と前記マスタークロックの波長との大小関係を判定する判定手段と、

該判定手段が、前記減算値の絶対値の方が前記マスタークロックの波長よりも小さいと判定したとき、前記同期信号を出力する出力手段と、

前記判定手段が、前記減算値の絶対値の方が前記マスタークロックの波長よりも小さいと判定したときに、前記第2の積算手段に格納されている前記実測画素間隔の積算値に、前記実測画素間隔をさらに加算する第2の加算手段と、

を有する請求項3に記載の描画装置。

【請求項6】

前記描画装置は、前記描画エンジンを複数備え、

前記補正手段は、前記描画エンジンごとに測定された前記実際の間隔を用いて、前記描画エンジンごとに前記補正済み描画データを生成し、

前記供給手段は、前記補正手段によって生成された前記描画エンジンごとの前記補正済み描画データを、対応する前記描画エンジンに供給する請求項1に記載の描画装置。

【請求項7】

前記描画装置は、前記描画エンジンを複数備え、

前記同期手段は、前記描画エンジンごとに前記同期信号を生成する請求項3～5のいずれか一項に記載の描画装置。

【請求項8】

描画対象面の相対移動方向に沿って複数の描画素子が並ぶ設計上の間隔が描画データにおける単位画素間隔の整数倍となるよう設計された描画エンジンを用いて前記描画対象面上に直接描画することで、所望の描画パターンを形成する描画方法であって、

前記設計上の間隔と、前記複数の描画素子が並ぶ実際の間隔と、の相違を用いて前記描画データを補正して補正済み描画データを生成する補正ステップと、

前記実際の間隔を前記整数で除算することで得られる実測画素間隔に相当する距離だけ

10

20

30

40

50

前記描画対象面が相対移動するごとに、前記描画エンジンが一度に描画可能な前記描画対象面上の描画ブロックへの直接描画に必要な分だけの前記補正済み描画データを、前記描画エンジンへ供給する供給ステップと、
を備え、

前記補正済み描画データに基づいた描画パターンを形成することを特徴とする描画方法
。

【請求項 9】

前記補正ステップでは、前記設計上の間隔対前記実際の間隔における比の値を前記描画データにおける前記相対移動方向の画像の伸縮率として前記描画データを補正し、前記補正済み描画データを生成する請求項 8 に記載の描画方法。

10

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、描画対象面の相対移動方向に沿って複数の描画素子が並ぶ設計上の間隔が描画データにおける単位画素間隔の整数倍となるよう設計された描画エンジンを用いて前記描画対象面上に直接描画することで、所望の描画パターンを形成する描画装置および描画方法に関する。

【背景技術】

【0002】

配線基板の配線パターンは、一般的には、配線パターンに関する設計データに基づいて基板を露光し、現像することで所望のパターンを基板上に焼き付け、そしてエッチングを施すことで形成される。この露光処理には、通常、フォトマスクが用いられる。

20

【0003】

これに対し、近年、フォトマスクを使用しない直接描画によるパターニング方法が提案されている。直接描画によるパターニング方法によれば、上述した基板の伸縮、歪み、ずれなどに対処するための補正を、描画データの生成の段階で予め行うことができ、あるいはリアルタイムで行うことができるので、製造精度の向上、歩留まりの向上、納期の短縮、製造コストの低減などの点において著しい改善がもたらされる。

【0004】

直接描画によるパターニング方法には、デジタルマイクロミラーデバイス (DMD) もしくは電子ビーム露光機などを用いて露光パターンを直接露光処理により形成する方法や、インクジェットヘッドを有するインクジェット描画装置を用いて配線パターンを直接形成する方法などがある。このうち、DMD を用いた直接露光によるパターニング方法の一般的な従来例として、基板上に形成したレジストを露光するにあたり、露光すべきパターンに対応したパターンデータを作成し、このパターンデータをデジタルマイクロミラーデバイス (DMD) に入力し、その複数の各微小ミラーをパターンデータに応じて傾動させ、この DMD に光を投射してその各微小ミラーからの反射光をレジストに照射してパターンデータに対応した形状に直接に露光させる技術がある（例えば、特許文献 1 参照）
。

30

【0005】

図 16 は、直接描画システムを概略的に示す図である。以降、異なる図面において同じ参照番号が付されたものは同じ機能を有する構成要素であることを意味するものとする。

40

【0006】

直接描画システム 100 は、描画装置 101 と、描画装置 101 に接続されるコンピュータ 102 とを備える。コンピュータ 102 は、描画データを描画装置 101 に供給し、描画装置 101 を制御する。描画装置 101 は、描画対象基板 151 を載せるステージ 110 と、描画対象基板 151 上方を図中矢印の方向に相対移動する描画手段 111 とを備える。描画手段 111 は、描画対象基板 151 の基板面上の描画すべき領域が割り当てられてそれぞれが並列に描画処理を実行する少なくとも 1 つの描画エンジン（図示せず）を備える。描画エンジンは、複数の描画ヘッドが描画対象面の相対移動方向の行に所定の間

50

隔で並んでおり、かつ、このような描画ヘッドの行を複数列備える。なお、描画手段 111 は、マスクレス露光装置である場合は、描画ヘッドは光源を変調する露光ヘッドであり、インクジェット描画装置である場合は、描画ヘッドはインクを吐出するインクジェットヘッドである。

【0007】

図17は、描画装置の動作原理を示す図である。

【0008】

描画対象基板 151 上を相対移動する描画手段 111 は、描画対象基板 151 の相対移動の方向に直交する方向に、複数の描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) (ただし、N は自然数) を備える。ステージコントローラ 29 は、描画対象基板 151 が描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) に対して速度 V_{ex} で相対移動するときにおいて、その相対移動に同期した信号 (以下、「同期信号」と称する。) を生成し、各描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) に供給する。

【0009】

描画対象基板 151 は、「ストリップ #1 ~ #N」(参照符号 32) と称される N 個の領域に仮想的に分割される。各描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) は、描画対象基板 151 に対して速度 V_{ex} で相対移動する間、それぞれ対応するストリップ #1 ~ #N (参照符号 32) 上に描画する。ここで、描画対象基板 151 の相対移動方向の長さ、すなわちストリップ #1 ~ #N (参照符号 32) の長さを L (以下、「ストリップ長」と称する。) とする。

【0010】

描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) が一度に描画可能な領域は限られており、描画対象基板 151 の相対移動方向について言えばストリップ長 L に比べて短い。このことから、各ストリップ #1 ~ #N (参照符号 32) はさらに、それぞれ M 個 (ただし、M は自然数) の「描画ブロック (i, j) (ただし、1 ≤ i ≤ N, 1 ≤ j ≤ M)」(参照符号 33) に仮想的に分割される。描画エンジンは、描画ブロック (i, j) を順番に描画する。ここで、描画ブロック (i, j) の相対移動方向の長さを Y とすると、ストリップ長 L と描画ブロック (i, j) の相対移動方向の長さ Y の間には、 $L = M \times Y$ の関係が成り立つ。なお、描画対象基板 151 の相対移動方向と直交する方向の描画ブロック (i, j) の長さは、ストリップ #1 ~ #N (参照符号 32) の各幅と等しい。

【0011】

描画データは、典型的にはビットマップデータである。ビットマップデータは、非常に大きなデータ量を有するので、描画処理実行前に予め生成して保存しておくことは、大量のメモリ資源を必要とするので好ましくない。そこで、メモリ資源の節約のため、各描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) のために、ビットマップ形式の描画データは、設計データに基づいて、描画処理中リアルタイムに、描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) ごとにすなわちストリップ #1 ~ #N (参照符号 32) ごとに、かつ、各ストリップ #1 ~ #N (参照符号 32) において描画ブロック (i, j) ごとに、仮想的に分割して生成され、一旦メモリに記憶された後、対応する描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) に順次供給される。従って、描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) は、供給された描画ブロック (i, j) ごとのビットマップデータ形式の描画データに基づいて直接描画処理を実行することになる。これら一連の処理は、ステージコントローラ 29 から各描画エンジン #1 ~ #N (参照符号 30) へ供給される同期信号を基準信号として実行される。

【0012】

図18は描画装置のデータ処理フローを示すフローチャートである。

【0013】

図18に示すように、まず、設計データ 51 は第1のデータ変換処理 S101 を経て中間データ 52 に変換される。なお、中間データ 52 の大きさは、後述するビットマップデータに比べてデータ量は小さく、かつ第1のデータ変換処理 S101 は描画処理中にリアルタイムに実行されなくてもよいので、予め中間データ 52 を生成しておいてメモリに記

10

20

30

40

50

憶しておいてもよい。

【0014】

ステップS102で、1描画ブロック分の中間データが読み込まれる。次いで、読み込まれた当該描画ブロックの中間データについて、アライメント・補正処理S103が実行され、ステップS104においてビットマップデータ53が生成され、メモリに一旦記憶される。そして、生成されたビットマップデータ53は、ステップS105において、上記同期信号に同期して、対応する描画エンジンに供給される。ここで、上記S102～S105のリアルタイム処理をまとめて「第2のデータ変換処理」と称する。描画エンジンは第2のデータ変換処理を経て供給された描画ブロックごとのビットマップデータ53を用いて、ステップS106において直接描画処理を実行する。描画エンジンによる1つの描画ブロックへの描画処理が完了すると、ステップS102へ戻り、次の描画ブロックのためのビットマップデータ53を得るために第2のデータ変換処理が実行される。上記一連の処理を言い換えれば、描画エンジンはステップS106において、上記第2のデータ変換処理を経てステージコントローラ29による同期信号に同期して供給されたビットマップデータ53を、一定の速度で「消費」しているとみなすことができる。

【0015】

以下、描画装置としてマスクレス露光装置（直接露光装置）を例にとり、ビットマップ形式の描画データと、露光ヘッドを構成する光源との関係を簡単に説明する。例えばDM-Dを露光ヘッドに用いた直接露光によるパターニング方法の場合は、各微小ミラーが光源に相当することになる。

【0016】

図19は、露光装置による直接露光処理に用いられるビットマップデータ形式の描画データの概念を示す模式図である。

【0017】

描画データは、図19に模式的にマス目で示すようなn行m列（n、mは整数）の画素（ピクセル）からなるビットマップデータである。該ビットマップデータにおける各画素の座標をg（r, c）で表す。rはビットマップデータにおける行番号（0～r～n-1、rは整数）を示し、cはビットマップデータにおける列番号（0～c～m-1、cは整数）を示す。ビットマップデータの分解能、すなわち、画素の間隔（以下、「単位画素間隔」と称する。）をbとする。図19に例示されたビットマップデータの模式図はそのまま、ステージ（図示せず）上に載せられた露光対象基板（描画対象基板）面上に形成された（もしくは形成されるべき）露光パターンを表していると言える。

【0018】

図20は、図19に示す描画データを用いて直接露光処理を実行する1つの描画エンジンにおける光源の配列を例示する模式図である。図中の丸印は露光ヘッドを構成する光源を示す。

【0019】

図19に示すようなビットマップデータを利用する描画エンジンは、通常、図20に示すように2次元的のアレイ状に配列された光源を有する。

【0020】

光源は、図19のビットマップデータに対応して、1行あたり列方向にm個並んでおり、その間隔は、ビットマップデータの分解能（すなわち単位画素間隔）と同じbである。ビットマップデータの列番号cは、露光ヘッドの光源の列番号cにそのまま対応する。

【0021】

一方、光源の行方向の配列については、行方向の間隔Dが、ビットマップデータにおける単位画素間隔bのp倍（ただしpは整数）となるように、すなわちD = p bとなるように設計されている。ここで、光源は行方向にk個並んでおり、その行番号をR（0～R～k-1、Rは整数）で表す。

【0022】

ステージ（図示せず）に載せられた露光対象基板は、描画エンジン（すなわち光源）に

10

20

30

40

50

対して一定速度で一定方向に相対移動する。このことは、図19に示すビットマップデータも図20に示す描画エンジン（すなわち光源）に対して仮想的に相対移動すると言うことができる。このビットマップデータの仮想的な相対移動は、ステージコントローラによる同期信号を基準信号として、必要なビットマップデータを描画エンジンに供給することで実現される。

【0023】

図21および22は、図19に示すビットマップデータと図20に示す描画エンジンにおける光源の配列との関係を説明する模式図である。上述のように、図中に模式的に例示されたビットマップデータは、ステージ（図示せず）上に載せられた露光対象基板面上に形成された（もしくは形成されるべき）露光パターンに対応する。ここで、光源Rに対して、露光対象基板が、図中矢印の方向に速度 V_{ex} で仮想的に相対移動する場合を考える。なお、図を簡明にするために、3列目の光源の一部のみを示し、他の光源については省略した。

10

【0024】

図21(a)に示すように、まず初期状態として、光源 $R = 0$ が、ビットマップデータ中の画素 $g(0, 3)$ に重なっている場合を考える。このとき、同期信号が描画エンジンへ送られて光源 $R = 0$ が発光し、画素 $g(0, 3)$ が露光される。

【0025】

初期状態から、ビットマップデータの分解能（すなわち単位画素間隔） b に相当する距離だけステージ上の露光対象基板が光源に対して相対移動すると（図21(b)）、再び同期信号が描画エンジンへ送られる。このとき、画素 $g(1, 3)$ は光源 $R = 0$ と重なり、露光され得る。光源間の間隔 D （＝ $p b$ 、ただし p は整数）はビットマップの分解能 b に比べて十分に大きく、したがって図21(b)の時点では、画素 $g(0, 3)$ はいずれの光源とも重ならないので露光されない。

20

【0026】

さらに距離 b だけステージ上の露光対象基板が光源に対して相対移動すると（図22(a)）、再び同期信号が描画エンジンへ送られる。このとき、画素 $g(2, 3)$ は光源 $R = 0$ と重なり、露光され得る。一方、この時点では、画素 $g(0, 3)$ および $g(1, 3)$ は、いずれの光源とも重ならないので露光されない。

【0027】

30

さらに距離 b だけステージ上の露光対象基板が光源に対して相対移動すると（図22(b)）、再び同期信号が描画エンジンへ送られる。このとき、画素 $g(3, 3)$ は光源 $R = 0$ と重なり、画素 $g(0, 3)$ は光源 $R = 1$ と重なるので、これら各画素は露光され得る。一方、この時点では、画素 $g(1, 3)$ および $g(2, 3)$ は、いずれの光源とも重ならないので、露光されない。

【0028】

これ以降、距離 b だけステージ上の露光対象基板が光源に対して相対移動するごとに、同期信号が描画エンジンへ送られ、光源と重なった画素については露光されることになる。例えば、画素 $g(0, 3)$ については、初期状態からステージ上の露光対象基板が距離 $p b$ だけ相対移動したとき、光源 $R = 1$ が重なって再び露光され得る。また例えば、画素 $g(1, 3)$ については、初期状態からステージ上の露光対象基板が距離 $(p + 1)b$ だけ相対移動したとき、光源 $R = 1$ が重なって再び露光される。

40

【0029】

このように、ビットマップデータ中の各画素は、各列に k 個の光源を有する描画エンジンの下を相対移動する間に、合計 k 回、光が照射される。直接露光装置においては、 k 回の光の照射により積算された光エネルギーが露光対象基板上の感光剤の閾値を超えるか否かにより、所望の露光プロセスが完了するか否かが決定される。したがって、光源の個数 k の値が十分に大きければ、例えばDMDによるパターニング方式におけるDMD素子の微小ミラーやLCD素子の駆動トランジスタなどの欠陥により k 個の光源のうち数個が正常に発光しないことがあっても、最終的な露光結果には重大な影響を及す可能性は少ない

50

。つまりこのような光源の個数の冗長性が、本露光装置の信頼性の根拠となっているのである。

【0030】

【特許文献1】特開平10-112579号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0031】

上述の描画装置の動作は、描画エンジンが、要求される様々な設計条件を厳密に満たして製造されている場合に、初めて成り立つものである。しかしながら、実際にはハードウェアの製造にばらつきがあり、これら設計要件を厳密に満たすことは困難である。

10

【0032】

例えば、ビットマップ形式の描画データは外部コンピュータのソフトウェアにより作成されるので、要求されるデータ分解能 b を実現することは比較的容易である。しかしながら、露光ヘッドの光源の間隔 D はビットマップデータの分解能（すなわち単位画素間隔） b の厳密な整数倍（ p 倍）であることが設計条件として要求されるが、実際のハードウェアでこの設計条件を厳密に満足させることは、その機械的構造ゆえ、非常に困難である。例えば描画装置が直接露光装置である場合は、描画エンジンに設けられる光源の光学系を細かく調整して光源の間隔を設計通りに実現することは困難である。結局のところ、露光ヘッドの設計上の（理想的な）光源の間隔 D に対して実際に得られる露光ヘッドの光源の間隔 E は、設計上の間隔 D と相違することになってしまう（ $E \neq D$ ）。この実際の間隔 E を上記整数 p で除算することにより得られる値 a （= E / p ）は、ビットマップデータにおける単位画素間隔 b （すなわちビットマップデータの分解能）と相違するものとなる。ここで、 a を「実測画素間隔」と称する。以上をまとめると、 a を b とすれば、 $a = b / p$ となり、 a と b の間には式（1）の関係式が得られる。

20

【0033】

【数1】

$$\left. \begin{array}{l} |a - b| \leq \delta \\ |D - E| \leq p \delta \end{array} \right\} \quad \dots(1)$$

30

【0034】

このようなずれ a を含んだまま、すなわち $a \neq b$ のまま、上記のような直接描画処理を実行した場合、次のような問題が生じてしまう。つまり、ある1画素について、1回の描画処理につき正しい描画位置からずれてしまうとする。このずれは、 k 回実行される描画処理により積算されていくので、最大で $k \times p$ のオーダーのずれとなり得る。この結果、所望の解像能力が得られなくなる。例えば露光装置の場合では露光パターンがぼやけてしまう結果になる。通常、1つの描画装置には複数の描画エンジンが設けられるので、描画エンジンごとに上記ずれ a が異なることから、描画エンジンごとに解像能力がばらついてしまうことになる。

40

【0035】

従って本発明の目的は、上記問題に鑑み、描画対象面の相対移動方向に沿って複数の描画ヘッドが並ぶ設計上の間隔が描画データにおける単位画素間隔の整数倍となるよう設計された描画エンジンを用いて描画対象面上に直接描画することで、所望の描画パターンを形成する場合において、意図した通りの高解像能力で、安定した描画処理を効率的に実行する描画装置および描画方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0036】

上記目的を実現するために、本発明では、描画ヘッドの描画素子の設計上の間隔がビッ

50

トマップ形式の描画データにおける単位画素間隔（すなわちビットマップデータの分解能）の整数倍となるよう設計された描画エンジンへ描画データへ供給するタイミングを、「単位画素間隔に相当する距離だけ描画対象面が相対移動するごと」とするのではなく、「描画ヘッドの描画素子の実際の間隔を上記整数で除算することで得られる距離だけ描画対象面が相対移動するごと」とする。

【0037】

上述のようなずれ（誤差）が発生し、このずれが積算される理由は、設計上の間隔がD（= p b）とされた描画ヘッドの描画素子が、実際には設計上の間隔Dとは異なる間隔E（= p a）で設置されているにもかかわらず、分解能bのビットマップデータを、ビットマップデータ分解能bに相当する距離だけ描画対象面が相対移動するごとに、描画エンジンに供給し該データを「消費」してしまっていることである。このような理由から、本発明では、描画ヘッドの描画素子の実際の間隔Eを上記整数pで除算することで得られる距離a（= b）だけ描画対象面が相対移動するごとに、分解能bのビットマップデータを描画エンジンへ供給するわけである。このようにデータ供給のタイミングについて、描画ヘッドの描画素子の実際の間隔を考慮した補正を実行することにより、上記ずれおよびずれの積算の問題は解決する。以下、描画ヘッドの描画素子の実際の間隔Eを上記整数pで除算することで得られる距離aを「実測画素間隔」と称する。

【0038】

一方、上述のように描画対象面が実測画素間隔a（= b）に相当する距離だけ相対移動するタイミングごとに描画データを描画エンジンへ供給する場合、何の補正も加えない描画データをそのまま用いて直接描画処理を実行すると、基板面上に得られる描画パターンは所望のものとは異なるものになってしまふ。このことを、分解能b = 500 nm、ずれ = 10 nmを例として、すなわちaが490 nmおよび510 nmである場合を例として具体的に説明すると次の通りである。

【0039】

まず、a = 490 nmの場合では、b = 500 nmの分解能のビットマップデータが、ステージ上の描画対象基板が490 nmだけ相対移動するごとに「消費」されるので、基板上に形成される描画パターンは、本来のものよりも相対移動方向に関してa/b倍（ただし、a/b < 1.0）に縮んでしまう。

【0040】

一方、a = 510 nmの場合では、b = 500 nmの分解能のビットマップデータが、ステージ上の描画対象基板が510 nmだけ相対移動するごとに「消費」されるので、基板上に形成される描画パターンは、本来のものよりも相対移動方向に関してa/b倍（ただし、a/b > 1.0）伸びてしまう。

【0041】

このように、描画対象面が距離a（= b）だけ相対移動するごとに、何の補正も加えない描画データをそのまま描画エンジンへ供給し、直接描画処理を実行すると、基板面上に得られる描画パターンは、所望の描画パターンに対して相対移動方向にa/b倍（ただし、a/b = E/D）だけ伸縮したものとなってしまう。したがって、上記ずれおよびずれの積算の問題に加え、画像の伸縮の問題についても解決するために、本発明では、上述のデータ供給のタイミングの補正に加えて、描画データそのものに対する補正も実行する。

【0042】

すなわち、本発明では、得られる描画パターンが、相対移動方向に関して、何も補正を加えない描画データをそのまま用いて得られる描画パターンのb/a倍（ただし、b/a = D/E）となるよう、上記タイミングで描画エンジンに供給される描画データを、予め補正することにする。より具体的に言えば、設計上の間隔D対実際の間隔Eにおける比の値D/Eが、描画データにおける相対移動方向の画像の伸縮率となるよう、描画データを予め補正する。

【0043】

このように、本発明による描画装置は、描画ヘッドの描画素子間の設計上の間隔と実際

10

20

30

40

50

の間隔との相違に基づいて、描画データの補正および描画データの供給タイミングの補正の両方を行うことを最大の特徴とするものである。図1は、本発明による描画装置の原理プロック図である。

【0044】

本発明によれば、描画対象面50の相対移動方向に沿って複数の描画素子（図示せず）が並ぶ設計上の間隔が描画データにおける単位画素間隔の整数倍となるよう設計された描画エンジン30を用いて描画対象面50上に直接描画することで、所望の描画パターンを形成する描画装置1は、描画素子間の上記設計上の間隔と実際の間隔との相違を用いて描画データを補正して補正済み描画データを生成する補正手段11と、実際の間隔を上記整数で除算することで得られる実測画素間隔に相当する距離だけ描画対象面50が相対移動するごとに、描画エンジン30が一度に描画可能な描画対象面50上の描画ブロックへの直接描画に必要な分だけの補正済み描画データを、描画エンジン30へ供給する供給手段12と、を備える。ここで、描画対象面50の描画エンジン30に対する相対移動速度をV_{ex}とする。本発明による描画装置1は、描画エンジン30に供給された補正済み描画データに基づいて直接描画処理を実行する。

【0045】

描画エンジン#1～#N（参照符号30）を複数備える描画装置1においては、補正手段11は、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとに測定された、描画素子間の上記実際の間隔を用いて、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとに補正済み描画データを生成する。また、供給手段12は、補正手段11によって生成された描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとの補正済み描画データを、描画素子間の上記実際の間隔で規定される描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとに定めたタイミングで、対応する描画エンジン#1～#N（参照符号30）に供給する。

【0046】

なお、描画装置1における補正手段手段11および供給手段12は、コンピュータ等の演算処理装置が実行することができるソフトウェアプログラムおよびハードウェアの組合せで実現できる。以上の処理を実施する装置や、以上の処理をコンピュータに実行させるプログラムを作成することは、以下の説明を理解した当業者には容易に実施できる事項である。また、以上の処理をコンピュータにより実行させるプログラムを記録媒体に格納するという事項も当業者には自明である。

【発明の効果】

【0047】

本発明の描画装置によれば、描画ヘッドの描画素子間の設計上の間隔と実際の間隔とが相違することに着目し、この相違に基づいて描画データを補正して最適な補正済み描画データを生成するとともに、描画素子間の実際の間隔に基づいた最適なタイミングで補正済み描画データを描画エンジンに供給し、補正済み描画データに基づいた描画パターンを形成するので、意図した通りの高解像能力で、安定した描画処理を効率的に実行することができる。

【0048】

本発明によれば、描画装置内の他の諸機能への新たな負担を強いることなく、かつ、演算処理量の大幅な増加を伴うことなく、描画装置内の描画エンジンの製造ばらつきに起因する解像能力の格差を解消し、高解像能力を実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0049】

本発明は、描画装置が、直接露光装置（マスクレス露光装置）、インクジェット描画装置あるいはレーザプリンタのような印刷装置などいずれであっても適用可能であるが、ここでは一実施例として直接露光装置として説明する。

【0050】

図1を参照して説明したように、本発明による露光装置は、露光ヘッドを構成する光源間の上記設計上の間隔D（=p b、ただし p は整数）と実際の間隔Eとの相違（すなわち

10

20

30

40

50

$D - E$) を用いて描画データ (ビットマップデータの分解能 b) を補正して補正済み描画データを生成する補正手段と、光源間の実際の間隔 E を整数 p で除算することで得られる実測画素間隔 a ($= E / p$) に相当する距離だけ露光対象面が相対移動するごとに、描画エンジンが一度に露光可能な露光対象面上の描画ブロックへの直接露光に必要な分だけの補正済み描画データを、描画エンジンへ供給する供給手段と、を備える。本実施例による露光装置は、描画エンジンに供給された補正済み描画データに基づいて直接露光処理を実行する。

【 0 0 5 1 】

まず、本実施例における補正手段について説明する。

【 0 0 5 2 】

既に説明したように、ビットマップデータの分解能 b の整数 p 倍となるよう光源間の間隔を設計し (設計上の間隔 $D = p b$) 、その設計に基づいて実際にハードウェアとして組み立てても、光源間の実際の間隔 E は、設計上の間隔 D とは相違したものとなってしまう (すなわち $D - E$) 。本実施例ではまず、光源間の実際の間隔 E を、例えばカメラなどの光学的撮像手段を用いて予め実測しておく。光源間の間隔を 1 度実測しておけば、その後、該実際の間隔 E を用いて長期間に渡って本発明による直接露光処理を実行することができるが、装置の使用による経年変化を鑑み、例えば露光装置のメンテナンス時などに光源間の間隔をあらためて実測しなおしてもよい。

【 0 0 5 3 】

本実施例では、光源間の設計上の間隔 D と上述の実際の間隔 E との間の比 ($D : E$) における比の値 D / E を、描画データの補正処理における相対移動方向の描画データの画像の伸縮率とする。伸縮率は、次式 (2) のように変形できる。

【 0 0 5 4 】

【 数 2 】

$$\text{伸縮率} = \frac{D}{E} = \frac{pb}{pa} = \frac{b}{a} = \frac{\text{単位画素間隔}}{\text{実測画素間隔}} \quad \dots(2)$$

【 0 0 5 5 】

このように、伸縮率は、単位画素間隔 (ビットマップデータの分解能) b と実測画素間隔 a とで定義できる。補正前の描画データにおける任意の座標を (α, β) とし、補正済み描画データにおける座標を (α', β') とすれば、座標変換行列を用いて次の補正式 (3) が得られる。なお、下記補正式 (3) は、データ処理量の観点から言えば、描画データに何の補正も加えない場合と比較して乗算処理が 1 回分だけ増えるのみであるから、システム全体のデータ処理量からみれば、この演算の増加による影響は無視できるほど小さい。

【 0 0 5 6 】

【 数 3 】

$$\begin{pmatrix} \alpha' \\ \beta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & b/a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \quad \dots(3)$$

【 0 0 5 7 】

上記補正式 (3) は相対移動方向のみの伸縮について考慮したものであるが、実際にはさらに、相対移動方向に直交する方向についても何らかの画像の伸縮が存在する。その補正係数を \times とすると、次の補正式 (4) が得られる。なお、下記補正式 (4) は、データ処理量の観点から言えば、描画データに何の補正も加えない場合と比較して乗算処理が 2

10

20

30

40

50

回分だけ増えるのみであるから、システム全体のデータ処理量からみれば、この演算の増加による影響は無視できるほど小さい。

【0058】

【数4】

$$\begin{pmatrix} \alpha' \\ \beta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & 0 \\ 0 & b/a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \quad \dots(4)$$

10

【0059】

またさらに、回転方向の補正を加えるならば、上記補正式(4)を、次の補正式(5)のように、より一般化することができる。なお、下記補正式(5)は、データ処理量の観点から言えば、描画データに何の補正も加えない場合と比較して乗算処理が4回と加算処理2回だけ増えるのみであるから、システム全体のデータ処理量からみれば、この演算の増加による影響は無視できるほど小さい。

【0060】

【数5】

$$\begin{pmatrix} \alpha' \\ \beta' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x & e_{12} \\ e_{21} & b/a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \quad \dots(5)$$

20

一般に $e_{12} \neq 0, e_{21} \neq 0$

【0061】

露光装置が描画エンジンを複数備える場合には、上記補正式(3)～(5)の少なくともいづれかを、描画エンジンごとに用意すべきである。このため、描画エンジンごとに、光源間の実際の間隔Eを実測しておく必要がある。描画エンジンに固有の補正式(3)～(5)のいづれかの形で、データ処理を実行するコンピュータにファイルとして蓄積しておくことが好ましい。

30

【0062】

なお、上記いづれかの補正式(3)～(5)上述の補正以外に、露光対象基板自体の伸縮やアライメントの誤差に対処すべく動的な補正を加える必要があるならば、この補正のための計算式 $f(A)$ をさらに追加すればよい。例えば、上記補正式(5)に対してさらに計算式 $f(A)$ を追加すると、露光処理において必要とされ得るデータ補正処理を全て反映させた補正式(6)を得ることができる。

【0063】

【数6】

40

$$\begin{pmatrix} \alpha' \\ \beta' \end{pmatrix} = f(A) \begin{pmatrix} x & e_{12} \\ e_{21} & b/a \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \end{pmatrix} \quad \dots(6)$$

一般に $e_{12} \neq 0, e_{21} \neq 0$

【0064】

露光対象基板自体の伸縮やアライメントの誤差に対処するための補正の計算式 $f(A)$

50

は、上記補正式(3)～(5)のいずれと比べても非常に複雑で演算量も多い。このことからも、本実施例における上記補正式(3)～(5)の演算量は、システム全体のデータ処理量からみれば、無視できるほど小さいといえる。

【0065】

以上、本実施例によれば、露光装置内の他の諸機能への新たな負担を強いることなく、かつ、演算処理量の大幅な増加を伴うことなく、描画エンジンごとによって形成される各露光パターンの伸縮に関するばらつきを解消することができる。

【0066】

続いて、本実施例における供給手段について説明する。

【0067】

本実施例では、予め実測された光源の実際の間隔 E を上記整数 p で除算することで得られる実測画素間隔 a ($= b$) に相当する距離だけ露光対象面が相対移動するごとに、上述の補正済み描画データが描画エンジンへ供給される。描画エンジンを複数備える露光装置においては、各描画エンジンについて、各描画エンジンごとの実測画素間隔 a ($= b$) に相当する距離だけ露光対象面が相対移動するごとに、上述の描画エンジンごとの補正済み描画データが描画エンジンへ供給される。すなわち、描画エンジンごとに測定された光源間の実際の間隔で規定される描画エンジンごとのタイミングで、描画エンジンごとの補正済み描画データが、対応する描画エンジンに供給されるわけである。

【0068】

上述の供給手段による描画エンジンへの補正済み描画データの供給のタイミングは同期信号によって決まるが、本実施例では描画エンジンごとに補正済み描画データの供給のタイミングが異なるので、各描画エンジンに対応した同期信号をそれぞれ独立に作成する必要がある。異なる同期信号の間には一定の位相関係が成り立つので、本実施例では、これら同期信号の基準となる安定した信号を用意する。この信号を「マスタークロック」と称する。露光対象基板を載せたステージは、ステージコントローラによって、光源に対する相対移動速度が制御されるので、本実施例では、ステージコントローラにおいて得られるステージの移動量に関する情報に基づいて、マスタークロックを作成する。一般にステージコントローラは、ステージの移動量を検出するための装置として例えばレーザ干渉計を有する。本実施例ではこのレーザ干渉計をマスタークロック生成手段とし、レーザ干渉計の出力結果に基づいてマスタークロックを作成する。つまり、ステージが一定の移動距離 f だけ移動するごとに 1 パルスを出力する機能を有するレーザ干渉計の出力パルスをマスタークロックとする。

【0069】

マスタークロックの波長 f (すなわちレーザ干渉計の出力パルスの波長) は、光源の実際の間隔 E を上記整数 p で除算することで得られる実測画素間隔 a よりも十分小さい。一例を挙げると、 $f = 19.776 \text{ nm}$ 、 $a = 490 \text{ nm}$ である。

【0070】

【数7】

$$0 < f \ll a \quad \dots(7)$$

【0071】

そこで、本実施例は、マスタークロックを適切に分周することによって同期信号を作成する。

【0072】

図2は、分周方式の決定を説明する図である。ここでは、波長 f を有するマスタークロックに関する波形を波形 F 、実測画素間隔 a に関する波形を波形 A と称する。

【0073】

分周機能は、一般には電子回路として実現されるので、分周方式は電子回路として有限

10

20

30

30

40

50

な規模に収める必要がある。ここで、式(7)を満たす任意の正の実数 f および a に対し、 s および t を任意の整数とするとき、式(8)を考える。

【0074】

【数8】

$$s \times f = t \times a \quad \dots(8)$$

【0075】

ここで、

【数9】

$$\left. \begin{array}{l} \exists (s_0, t_0) \neq (0, 0) \\ (t_0 \times a)_{\text{mod}} f = 0 \\ s_0 = \frac{t_0 \times a}{f} \end{array} \right\} \dots(9)$$

であれば、図2に示すように、波形Fについては s_0 サイクル、波形Aについては t_0 サイクルを1周期として、波形Fと波形Aは同じ位相関係を繰り返す。したがって、有限区間である上記1周期分の分周方式が決定できれば、この1周期分を以後繰り返すことによって無限長の時間に渡って分周が可能となる。このことは、分周機能を有限な規模の電子回路で実現することができるということを意味する。

【0076】

図3は、本発明の実施例における同期信号の生成アルゴリズムを示すフローチャートである。

【0077】

式(8)および(9)において (s_0, t_0) を求めるということは、マスタークロックの波長 f と実測画素間隔 a との最小公倍数を求めるに他ならない。しかしながら、マスタークロックの波長 f はレーザ干渉計の出力するパルスの波長であり、実測画素間隔 a は光源の実際の間隔 E を上記整数 p で除算することで得られる値であるので、マスタークロックの波長 f および実測画素間隔 a はともに実数となる。ともに実数の f および a から最小公倍数を算出するの難しいので、本実施例では、まず図3のステップS201において、相互に単位を合わせた上で、マスタークロックの波長 f および実測画素間隔 a の各値を整数化する。より具体的には、 f および a の単位を例えば nm (ナノメートル) といったように合わせたうえで、有効数字の最小桁が整数となるように、 f および a に10のべき数を乗算し、これを $f \times$ および $a \times$ とする。例えば、小数点以下3桁まで有効数字があるならば、 f および a それぞれに対して10の3乗を乗算して $f \times$ および $a \times$ を得る。

【0078】

次にステップS202において、 $f \times$ と $a \times$ との最小公倍数 $LCM(f \times, a \times)$ を算出する。次いでステップS203において、最小公倍数 $LCM(f \times, a \times)$ を $f \times$ で除算した値 $LCM(f \times, a \times) / f \times$ および最小公倍数 $LCM(f \times, a \times)$ を $a \times$ で除算した値 $LCM(f \times, a \times) / a \times$ を算出する。図4は、図3の演算処理における数値例を示す図である。この数値例は、マスタークロックの波長 f を $19.776 nm$ 、ならびに、実測画素間隔 a を $500 nm$ (数値例1)、 $490 nm$ (数値例2) および $510 nm$ (数値例3) と仮定した場合を示している。マスタークロックの波長 f は小数点以

10

20

30

40

50

以下の有効数字が 3 桁であるので、 f および a に 10 の 3 乗を乗算して $f \times$ および $a \times$ を得る。これら $f \times$ および $a \times$ を用いて、図 4 に示すような $\text{LCM}(f \times, a \times)$ 、 $\text{LCM}(f \times, a \times) / f \times$ および $\text{LCM}(f \times, a \times) / a \times$ を得る。

【0079】

そして、ステップ S 204において、次式(10)を満たす全ての整数 t について、絶対値 $|s \times f \times - t \times a \times|$ の値が最小となるような整数 s を計算し、これを配列要素 $s[t]$ として配列テーブルを作成し保存する。

【数10】

$$0 \leq t \leq \frac{\text{LCM}(f \times, a \times)}{a \times} \quad \dots(10)$$

10

ここで、絶対値 $|s[t] \times f - t \times a|$ の値は常に f よりも小さいので、絶対値 $|s[t] \times f - t \times a|$ の値は、各同期信号の誤差の最悪値を与える。式(7)および a b の関係よりマスタークロックの波長 f はビットマップデータの分解能 b よりも十分小さいので、該同期信号の誤差による露光結果への影響は無視できるといえる。

【0080】

図 5 は、図 4 の数値例 1 における配列テーブルを例示する図である。図示された配列テーブルにおいて、例えば $s[1] = 25$ は、「マスタークロックのパルスの立ち上がりもしくは立ち下がりの数をカウントして、このカウント数が 25 に達したら、1 番目の同期信号を発生させる」と解釈できる。また例えば $s[8] = 202$ は、「同じくカウント数が 202 に達したら、8 番目の同期信号を発生させる」と解釈できる。

20

【0081】

したがって、上記配列テーブルを予め作成して露光装置内の所定のメモリに保存しておいて、「マスタークロックのパルスの立ち上がりもしくは立ち下がりの数をカウントし、このカウント数が配列テーブルに保存された値に達した時点で同期信号を発生させる」ようにすれば、「供給手段による補正済み描画データの描画エンジンへの供給のタイミングの基準となる同期信号をマスタークロックに基づいて発生させた」ということになる。

【0082】

30

図 6 は、図 5 の配列テーブルを変形して得られるカウントテーブルを例示する図である。

【0083】

図 5 の配列テーブルは、予め作成して保存しておく $s[t]$ 値の桁数が非常に大きくなり得ることから大容量のメモリを必要とする。これに対し、図 6 のカウントテーブルは、このメモリ容量の低減を目的として、図 5 の配列テーブルに改良を加えたものである。具体的には、図 5 の配列テーブルにおける配列要素 $s[t+1]$ と $s[t]$ との差分を、図 6 のカウントテーブルにおける配列要素 $q[t]$ として保存する。

【0084】

40

図示されたカウントテーブルにおいて、例えば $q[0] = 25$ は、「マスタークロックのパルスの立ち上がりもしくは立ち下がりの数をカウントして、そのカウント数が 25 に達したら、1 番目の同期信号を発生させる」、また例えば $q[1] = 26$ は、「2 番目の同期信号は、1 番目の同期信号を発生させた後、カウント数がさらに 26 だけ増えたら発生させる」、さらに例えば $q[2] = 25$ は、「3 番目の同期信号は、2 番目の同期信号を発生させた後、カウント数がさらに 25 だけ増えたら発生させる」、といったように解釈できる。そして、618 番目の同期信号を発生した後はカウントテーブルの先頭に戻り、カウント数がさらに $q[0]$ すなわち 25 だけ増えたら、619 番目の同期信号を発生させる。以後この繰り返しである。

【0085】

このように、図 6 のカウントテーブルを用いれば、「循環型の分周」が可能となる。ま

50

た、保存すべき $q[t]$ 値の桁数は少なくて済むのでメモリ容量の低減を実現できる。

【0086】

図7は、本発明の実施例において、カウントテーブルを用いた同期信号の生成アルゴリズムを示すフローチャートである。

【0087】

まずはじめにステップS301において、上述のような配列要素 $q(t)$ を有するカウントテーブルを作成する。カウントテーブルは図3～6を参照して説明したように作成し、作成したカウントテーブルは、露光装置を制御するコンピュータ内の記憶装置などに保存しておく。露光処理中は、カウントテーブルは該コンピュータ内の作業メモリにロードされ、以下の各ステップにおける処理に適宜利用されることになる。

10

【0088】

次にステップS302において、同期信号生成のための初期設定として、 t を0(ゼロ)にセットする。次にステップS303において、レジスタ(Register)に $q(t)$ をセットする。

【0089】

ステップS304では、マスタークロックを受信したか否かが判定される。マスタークロックを受信した場合は、ステップS305へ進み、レジスタ(Register)の値が1つ減る。ステップS306では、レジスタ(Register)が0(ゼロ)になったか否かが判定される。以上のステップS304～S306を繰り返し実行することで、マスタークロックのパルスの立ち上がりもしくは立ち下がりの数をカウントする処理(単に「カウント処理」と称する。)が実現される。

20

【0090】

そしてステップS306においてレジスタ(Register)が0(ゼロ)になったと判定されたとき、ステップS307において同期信号を出力する。

【0091】

ステップS308において t を1つ進める。ステップS309では、ステップS308でセットされた t と $LCM(f_x, a_x) / a_x$ との mod を演算し(すなわち剰余演算)、演算結果をさらに t にセットする。ステップS310では、ステップS309でセットされた t を用いた $q(t)$ が、レジスタ(Register)にセットされる。以上のステップS308～S310により、カウントテーブルで規定された最終番目の同期信号を発生した後はカウントテーブルの先頭に戻って再び1番目の同期信号発生のためのカウント処理に戻るという、先に説明した「循環型の分周」が実現される。

30

【0092】

図8～10は、図7のフローチャートに基づいた同期信号の発生アルゴリズムの下で、図4に示した数値例を用いたシミュレーション結果を示す図であり、図8は処理開始直後、図9は最初の同期信号の発生、図10は2番目の同期信号の発生を示す図である。また、図11は、図8～10におけるシミュレーションを、さらに長時間実行した場合のシミュレーション結果を示す図である。ここでは、該アルゴリズムを図4の3つの数値例についてVerilog言語で記述し、Verilogシミュレータを用いてシミュレーションを行った。図8～10において、時間軸の目盛りを示す数値(例えば200.00ns)以外の各数値は、カウントテーブルにおける t (すなわちマスタークロックのパルスの立ち上がりもしくは立ち下がりのカウント数)を示している。図8～11より、異なる実測画素間隔 a ごとに、異なる同期信号が作成されていることが分かる。このことは、描画エンジンごとに異なる実測画素間隔 a が得られても、各描画エンジンに最適な同期信号を作成できることを意味する。つまり、この同期信号を使えば、補正済み描画データを、各描画エンジンの光源間の実際の間隔に基づいた最適なタイミングで各描画エンジンに供給することができる。

40

【0093】

図12は、本発明の実施例における露光装置の基本ブロック図である。

【0094】

50

本実施例によれば、露光対象基板（図示せず）を載せたステージ16の相対移動方向に沿って複数の光源（図示せず）が並ぶ設計上の間隔Dが描画データにおける単位画素間隔bの整数p倍となるよう設計された描画エンジン#1～#N（参照符号30）を用いて露光対象面上に直接露光することで、所望の露光パターンを形成する露光装置1は、補正手段11と、供給手段12と、クロック生成手段13と、同期手段14と、を備える。同期手段14は、第1の演算手段21と、第2の演算手段22と、出力手段23とを備える。

【0095】

露光対象基板を載せたステージ16については、ステージコントローラ（図示せず）によって、描画エンジン#1～#N（参照符号30）に対する相対移動速度 V_{ex} が制御される。このステージコントローラは、ステージ16の移動量を検出するための装置として、本実施例ではレーザ干渉計15を有する。レーザ干渉計15は、ステージ16が一定の移動距離fだけ移動するごとに1パルスを出力する。例えばHe-Neガスレーザを用いた場合、その波長は約632.84nmであるので、適切な周波数倍器を用いれば $f = 19.776\text{ nm}$ を得る。なお、本実施例ではステージの移動量を検出するための装置としてレーザ干渉計15を用いたが、ステージ16のある一定の移動量に対して安定した信号を出力することができる装置であればその他の装置であってもよく、例えばロータリエンコーダを用いた位置検出器などであってもよい。

【0096】

クロック生成手段13は、レーザ干渉計15の出力結果に基づいて、露光対象基板を載せたステージ16が相対移動速度 V_{ex} で相対移動した単位距離fごとに出力されるマスタークロックを生成する。つまり、ステージ16が一定の移動距離fだけ移動するごとにレーザ干渉計15が出力するパルスをマスタークロックとする。

【0097】

補正手段11は、光源間の設計上の間隔Dと、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとに測定された光源間の実際の間隔Eと、の相違（すなわち $D - E$ ）を用いて、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとに描画データを補正し、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとの補正済み描画データを生成する。

【0098】

同期手段14は、供給手段12による補正済み描画データの描画エンジン#1～#N（参照符号30）への供給のタイミングの基準となる同期信号を、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとに、マスタークロックに基づいて生成する。より具体的には次のとおりである。

【0099】

同期手段14内の第1の演算手段21は、相互に単位を合わせた、実測画素間隔aと、周期的に出力されるマスタークロックの波長fと、の最小公倍数LCM(f, a)を算出する。この最小公倍数LCM(f, a)は、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとの実測画素間隔aを用いて、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとに算出される。

【0100】

同期手段14内の第2の演算手段22は、ゼロから最小公倍数LCM(f, a)を実測画素間隔aで除算した値LCM(f, a)/aまでの範囲に属する各整数をtとしたとき、絶対値 $|s[t] \times f - t \times a|$ の値が最小となる配列要素s[t]を、各整数tについて算出し、上記配列テーブルもしくは上記カウントテーブルを作成する。この上記配列テーブルもしくは上記カウントテーブルは、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとの最小公倍数LCM(f, a)を用いて、描画エンジン#1～#N（参照符号30）ごとに作成される。作成された上記配列テーブルもしくは上記カウントテーブルは、同期手段14内の記録媒体（ROM）に保存される。

【0101】

出力手段23は、作成された上記配列テーブルもしくは上記カウントテーブルを参照して、マスタークロックのパルスの立ち上がりもしくは立ち下がりの数を所定の値までカウ

10

20

30

40

50

ントしたときに、同期信号を供給手段 12 へ出力する。この同期信号は、描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) ごとの上記配列テーブルもしくは上記カウントテーブルを用いて、描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) ごとの同期信号として供給手段 12 へ出力される。

【 0102 】

供給手段 12 は、同期手段 14 内の出力手段 23 から受信した描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) ごとの同期信号に基づいて、描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) のそれぞれが一度に露光可能な露光対象面上の露光ブロックへの直接露光に必要な分だけの、描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) ごとの補正済み描画データを、対応する描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) へ供給する。同期手段 14 内の出力手段 23 から受信した同期信号に従えば、光源間の実際の間隔 E を上記整数 p で除算することで得られる実測画素間隔 a に相当する距離だけ露光対象基板を載せたステージ 16 が相対移動するごとの、補正済み描画データの供給が可能となる。

10

【 0103 】

各描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) には、補正手段 11 によって生成された描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) ごとの補正済み描画データが、光源間の実際の間隔 E で規定される描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) ごとのタイミングで、供給手段 12 から供給される。各描画エンジン # 1 ~ # N (参照符号 30) は、供給された補正済み描画データ補正済み描画データに基づいて直接露光処理を実行する。

20

【 0104 】

上述の実施例では、同期信号を、配列テーブルもしくはカウントテーブルを用いて生成した。この場合、実測画素間隔 a とマスタークロックの波長 f との最小公倍数 LCM (f , a) を算出する際は、相互に単位を合わせ、有効数字の最小桁が整数となるようにしていた。つまり、f および a の単位を例えば nm (ナノメートル) といったように合わせたうえで、有効数字の最小桁が整数となるようにマスタークロックの波長 f および実測画素間隔 a に 10 のべき数を乗算し、整数化された f × および a × について最小公倍数を求めていた。しかし、高精度の配線パターンの生成が要求される場合などでは、マスタークロックの波長 f および / または実測画素間隔 a の小数点以下の有効数字の桁数も大きくなり、上述のような整数化を行うと f × および a × は非常に大きな値となる。このため、同期信号の生成に配列テーブルではなくカウントテーブルを用いたとしても、大容量のメモリが必要となる。ここで、高精度の配線パターンの生成であっても大容量のメモリを必要としない同期信号の生成アルゴリズムの変形例を説明する。

30

【 0105 】

本変形例による同期手段は、

マスタークロックの波長の積算値を格納するための第 1 の積算手段と、

マスタークロックを受信したとき、第 1 の積算手段に格納されているマスタークロックの波長の積算値に、マスタークロックの波長をさらに加算する第 1 の加算手段と、

実測画素間隔の積算値を格納するための第 2 の積算手段と、

第 1 の積算手段に格納されているマスタークロックの波長の積算値と、第 2 の積算手段に格納されている実測画素間隔の積算値と、の減算値の絶対値を算出する減算手段と、

40

上記減算値の絶対値とマスタークロックの波長との大小関係を判定する判定手段と、

判定手段が、上記減算値の絶対値の方がマスタークロックの波長よりも小さいと判定したとき、同期信号を出力する出力手段と、

判定手段が、上記減算値の絶対値の方がマスタークロックの波長よりも小さいと判定したときに、第 2 の積算手段に格納されている実測画素間隔の積算値に、実測画素間隔をさらに加算する第 2 の加算手段と、

を有する。

【 0106 】

図 13 は、本発明の実施例における同期信号の生成アルゴリズムの変形例を示すフローチャートである。また、図 14 は、図 13 のフローチャートに基づいた同期信号を出力す

50

る同期手段を示す機能ブロック図である。

【0107】

図14に示すように、本変形例による同期手段14は、上記の第1の加算手段である加算器42と、上記の第2の加算手段である加算器43と、上記の第1の積算手段(アキュムレータ)44と、上記の第2の積算手段(アキュムレータ)45と、上記の減算手段である減算器46と、上記の判定手段であるコンパレータ47と、を備える。また、同期手段14は、マスタークロックの波長fに相当する数値を記憶する第1のレジスタ40と、実測画素間隔aに相当する数値を記憶する第2のレジスタ41とを備える。

【0108】

本変形例では、まず、図13のステップS401において、初期化処理として、図14の第1の積算手段44に格納されるマスタークロックの波長fの積算値Afを0(ゼロ)にセットし、第2の積算手段45に格納される実測画素間隔aの積算値Aaをaにセットする。すなわち、初期状態では、 $A_f < < A_a$ である。

【0109】

ステージ16が移動を開始するとマスタークロックが供給され始める。ステップS402においてマスタークロックを受信すると、ステップS403において、第1の積算手段44に格納されているマスタークロックの波長の積算値Afに、第1のレジスタ40に記憶されているマスタークロックの波長fが加算器42によって加算され、新たなる積算値Afが第1の積算手段44に格納される。

【0110】

次いで、ステップS404において、減算器46は、第1の積算手段44に格納されているマスタークロックの波長の積算値Afと、第2の積算手段45に格納されている実測画素間隔の積算値Aaと、の減算値の絶対値 $|A_f - A_a|$ を算出する。

【0111】

次いで、ステップS405において、判定手段47は、減算器46によって算出された上記減算値の絶対値 $|A_f - A_a|$ と、第1のレジスタ40に記憶されているマスタークロックの波長fと、の大小関係を判定する。判定手段47が、上記減算値の絶対値 $|A_f - A_a|$ の方がマスタークロックの波長fよりも大きいと判定した場合はステップS402へ戻る。

【0112】

判定手段47が、上記減算値の絶対値 $|A_f - A_a|$ の方がマスタークロックの波長fよりも小さいと判定したときは、ステップS406へ進み、同期信号を出力する。ステップS407では、第2の積算手段45に格納されている実測画素間隔の積算値Aaに、第2のレジスタ41に記憶されている実測画素間隔aが加算器43によって加算され、新たなる積算値Aaが第2の積算手段45に格納される。なお、ステップS406とステップS407とを入れ替えて実行するようにしてもよく、あるいは同時に実行してもよい。

【0113】

以上の処理をまとめると、本変形例による同期手段14では、受信したマスタークロックをトリガーにして、マスタークロックの波長fを積算していく、マスタークロックの波長の積算値Afが、実測画素間隔の積算値Aaに最も近くなったときにだけ、同期信号を出力する。そして、同期信号の出力と同時に、実測画素間隔の積算値Aaに、実測画素間隔aがさらに加算され、これが新たなる実測画素間隔の積算値Aaとなる。以後、同様の処理が繰り返される。すなわち、マスタークロックの受信ごとに積算されるマスタークロックの波長の積算値Afが上記新たなる実測画素間隔の積算値Aaに最も近くなったときに、同期信号が出力されるとともに実測画素間隔aが実測画素間隔の積算値Aaに加算される。つまり、上記各加算処理のタイミングは異なり、マスタークロックの波長fの積算値Afへの加算は、マスタークロックの受信ごとに行われ、実測画素間隔aの積算値Aaへの加算は、マスタークロックの波長の積算値Afが実測画素間隔の積算値Aaに最も近くなったときに行われる。図15は、図13のフローチャートに基づいた同期信号の生成のタイミングチャートの一例を示す図である。この図では、波長fを有するマスタークロ

10

20

30

40

50

ックに関する波形を波形 F としたときの同期信号の発生を例示する。なお、ステージ 16 が移動して露光処理が露光対象基板の端に到達すると、マスタークロックの供給は停止され、第 1 の積算手段 44 に格納されているマスタークロックの波長の積算値 A_f および第 2 の積算手段 45 に格納されている実測画素間隔の積算値 A_a はリセットされる。

【 0 1 1 4 】

このように、本変形例は、同期信号の発生要件を数式化してそれを一般的なデジタル回路（レジスタ、加算器、アキュムレータ、減算器およびコンパレータ）で実現したものであり、先に説明した実施例における配列テーブルもしくはカウントテーブルの生成や最小公倍数の計算は不要である。なお、レジスタ、加算器、アキュムレータ、減算器およびコンパレータが扱う値は、実数（固定小数点数）に限らず、浮動小数点数であってもよい。10

。

【 0 1 1 5 】

本変形例の具体的な一数値例を挙げると次の通りである。すなわち、レジスタ、加算器、アキュムレータ、減算器およびコンパレータを整数のみを扱うとした例では、マスタークロックの波長 f および実測画素間隔 a の値の小数点以下を必要な精度だけ桁上げして整数化し、これを第 1 のレジスタ 40 および第 2 のレジスタ 41 にそれぞれ記憶する。例えば、 $f = 19.776252201 \text{ nm}$ 、 $a = 490.000000000 \text{ nm}$ とする場合、それぞれ、 $f_x = 19776252201$ 、 $a_x = 4900000000000$ といった非常に桁数の大きい整数に置換する。ここで露光対象基板が乗るステージが $L = 1 \text{ m}$ の距離を移動すると仮定すると、 L/a （204万）個の同期信号が発生するから、第 2 の積算手段 45 に格納される実測画素間隔の積算値 A_a は、約 1×10^{18} の大きさに達する。このため、レジスタ、加算器、アキュムレータ、減算器およびコンパレータは、約 64 ビットのデータ処理能力が必要となるが、このような規模のデジタル回路であっても、FPGA デバイスなどを使用すれば、必要な機能は十分かつ容易に実現可能である。20

【 0 1 1 6 】

なお、図 14 の第 1 のレジスタ 40 に記憶されるマスタークロックの波長 f については外部から書き換えることも容易であり、例えばレーザ干渉計以外の基準信号源をマスタークロックにすることも可能である。

【 0 1 1 7 】

同様に、第 2 のレジスタ 41 に記憶される実測画素間隔 a の値についても外部から書き換えることも容易であり、回路構成を変更することなく実測画素間隔 a を任意に変更することも可能である。さらにまた、複数の異なる実測画素間隔 a の値が必要となる場合は、第 1 のレジスタ 40 および第 1 の積算手段 44 については共通にしておいて、第 2 のレジスタ 41 および第 2 の積算手段 45 については実測画素間隔 a ごとに設ければよい。30

【 0 1 1 8 】

上述の露光装置 1 における補正手段 11、供給手段 12、クロック生成手段 13、および同期手段 14 は、コンピュータ等の演算処理装置が実行することができるソフトウェアプログラムおよびハードウェアの組合せで実現できる。また、各処理をコンピュータにより実行させるプログラムを記録媒体に格納し、必要に応じて該コンピュータ内の作業メモリにロードされ、実行される。40

【 0 1 1 9 】

以上、実施例として露光装置について説明したが、その他の描画ヘッドが所定の間隔で複数配列され、描画対象物が描画ヘッドに対して相対移動していくことで描画処理する描画装置についてもまったく同じ原理を適用することができる。このような描画装置の例としてインクジェット描画装置あるいはレーザプリンタのような印刷装置などがある。

【 0 1 2 0 】

このうち、インクジェット技術を用いたインクジェット描画装置は、インクジェットノズルが所定の設計間隔でインクジェットヘッド内に複数配列され、描画対象物がインクジェットヘッドに対して相対移動していくことで描画処理する装置であり、近年、基板に描画パターンを直接描画（パターニング）する手段として有望視されている。50

【0121】

インクジェット技術は、液滴を小さい穴の開いたノズルから吐出する技術である。このインクジェット技術は、一般にプリンタに用いられることが多いが、インクジェットパターニングに適用する場合は、ノズルから吐出する液滴を金属微粒子を含む液体や金属酸化物材料とすればよい。なお、インクジェット技術は、電圧を加えると変形する圧電素子を使い、瞬間にインク室の液圧を高めることでノズルから液滴を押し出すピエゾ式と、ヘッドに取り付けたヒータによって、液体内に気泡を発生させ、液体を押し出すサーマル式とに大別されるが、どちらの場合も本発明に適用可能である。インクジェット描画装置に本発明を適用する場合は、上述の本発明の実施例における露光ヘッドすなわち光源を、インクジェットヘッドに置き換えればよい。

10

【産業上の利用可能性】

【0122】

描画対象面上を相対移動する描画ヘッドが一度に描画可能な描画対象面上の描画ブロックへの直接描画処理に必要な描画データが、設計データに基づいて順次生成され、描画エンジンに順次供給される描画装置に適用することができる。本発明は、描画装置がマスクレス露光装置であってもインクジェット描画装置であってもどちらでも適用可能である。

【0123】

直接描画によるパターニング方法によれば、高精度な配線の設計、検査および形成を容易かつ高速に行うことができ、また、位置合わせのためのマージンが少なく済むので配線の実装密度が上がる。したがって、将来の超微細配線にも十分に対応可能である。また、設計データを適宜加工して補正情報を蓄積していき、動的（ダイナミック）に補正およびルーティングを実行でき、設計変更にも柔軟に対応できるという利点がある。

20

【0124】

本発明による描画システムによれば、描画装置内の他の諸機能への新たな負担を強いることなく、かつ、演算処理量の大幅な増加を伴うことなく、描画装置内の描画エンジンの製造ばらつきに起因する解像能力の格差を解消し、高解像能力を実現することができる。特に高精度が要求される複雑な配線パターンを形成する際に最適である。

【図面の簡単な説明】

【0125】

【図1】本発明による描画装置の原理ブロック図である。

30

【図2】分周方式の決定を説明する図である。

【図3】本発明の実施例における同期信号の生成アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図4】図3の演算処理における数値例を示す図である。

【図5】図4の数値例1における配列テーブルを例示する図である。

【図6】図5の配列テーブルを変形して得られるカウントテーブルを例示する図である。

【図7】本発明の実施例において、カウントテーブルを用いた同期信号の生成アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図8】図7のフローチャートに基づいた同期信号の発生アルゴリズムの下で、図4に示した数値例を用いたシミュレーション結果を示す図であり、特に処理開始直後を示す図である。

40

【図9】図7のフローチャートに基づいた同期信号の発生アルゴリズムの下で、図4に示した数値例を用いたシミュレーション結果を示す図であり、特に最初の同期信号の発生を示す図である。

【図10】図7のフローチャートに基づいた同期信号の発生アルゴリズムの下で、図4に示した数値例を用いたシミュレーション結果を示す図であり、特に2番目の同期信号の発生を示す図である。

【図11】図8～10におけるシミュレーションを、さらに長時間実行した場合のシミュレーション結果を示す図である。

【図12】本発明の実施例における露光装置の基本ブロック図である。

50

【図13】本発明の実施例における同期信号の生成アルゴリズムの変形例を示すフローチャートである。

【図14】図13のフローチャートに基づいた同期信号を出力する同期手段を示す機能ブロック図である。

【図15】図13のフローチャートに基づいた同期信号の生成のタイミングチャートの一例を示す図である。

【図16】直接描画システムを概略的に示す図である。

【図17】描画装置の動作原理を示す図である。

【図18】描画装置のデータ処理フローを示すフローチャートである。

【図19】露光装置による直接露光処理に用いられるビットマップデータ形式の描画データの概念を示す模式図である。 10

【図20】図19に示す描画データを用いて直接露光処理を実行する1つの描画エンジンにおける光源の配列を例示する模式図である。

【図21】図19に示すビットマップデータと図20に示す描画エンジンにおける光源の配列との関係を例示する模式図(その1)である。

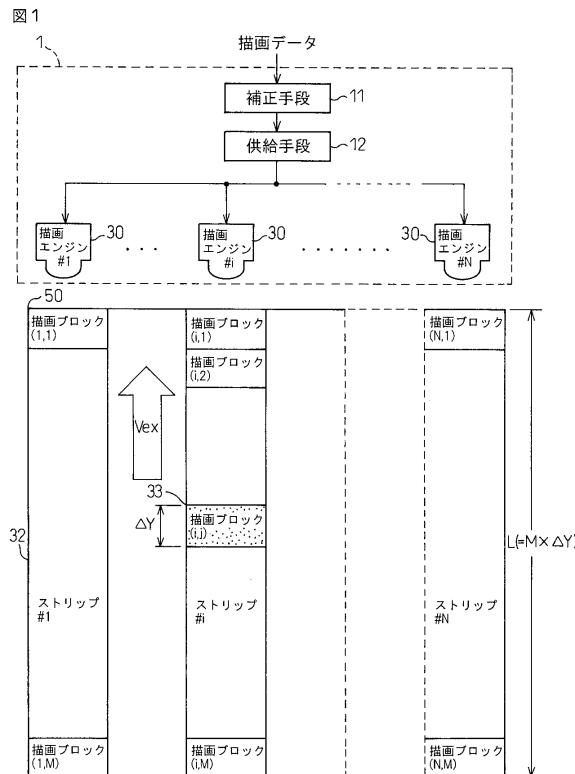
【図22】図19に示すビットマップデータと図20に示す描画エンジンにおける光源の配列との関係を例示する模式図(その2)である。

【符号の説明】

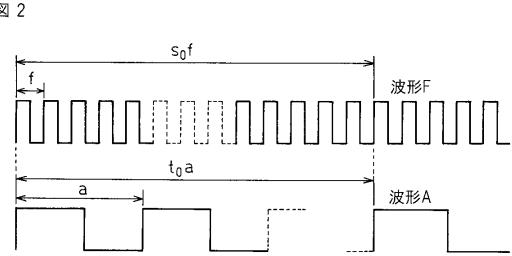
【0126】

1	描画装置	20
1 1	補正手段	
1 2	供給手段	
1 3	クロック生成手段	
1 4	同期手段	
1 5	レーザ干渉計	
1 6	ステージ	
2 1	第1の演算手段	
2 2	第2の演算手段	
2 3	出力手段	
3 0	描画エンジン	30

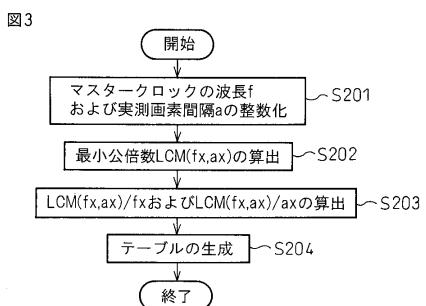
【図1】



【図2】



【図3】



【図4】

図4

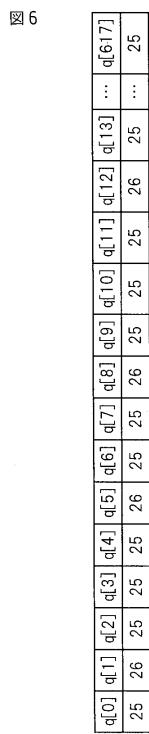
例	f[nm]	a[nm]	fx[nm]	ax[nm]	LCM(fx,ax)	LCM(fx,ax)/fx
1	19,776	500,000	19,776	500,000	309,000,000	15,625
2	19,776	490,000	19,776	490,000	605,640,000	1,236
3	19,776	510,000	19,776	510,000	210,120,000	412

【図5】

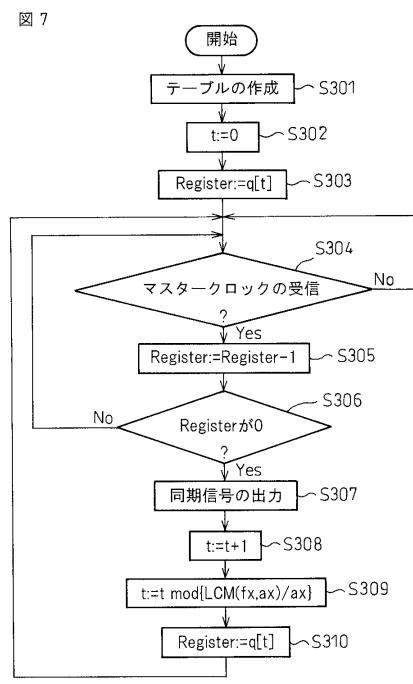
図5

s[0]	s[1]	s[2]	s[3]	s[4]	s[5]	s[6]	s[7]	s[8]	s[9]	s[10]	s[11]	s[12]	s[13]	...	s[618]
0	25	51	76	101	126	152	177	202	228	253	278	303	329	...	15325

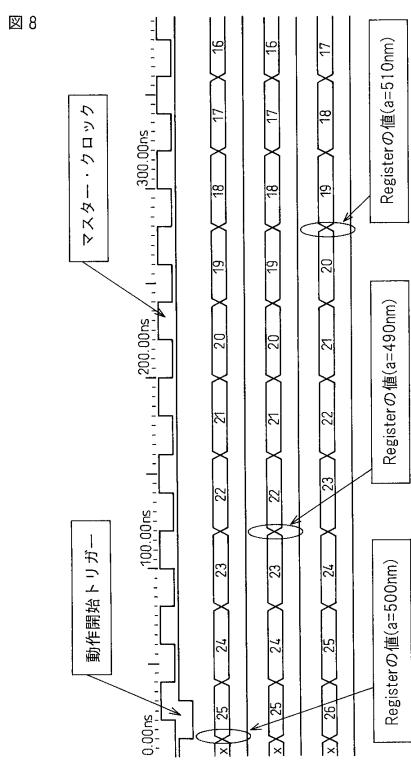
【図6】



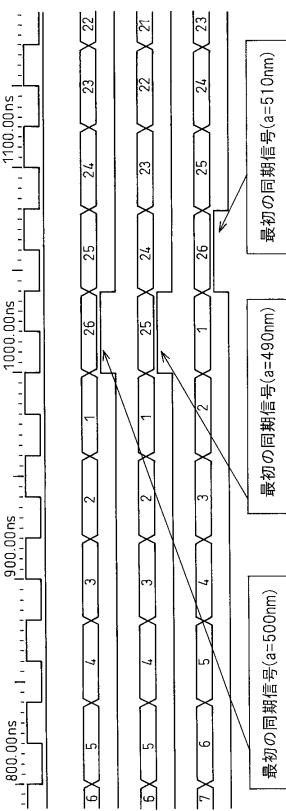
【図7】



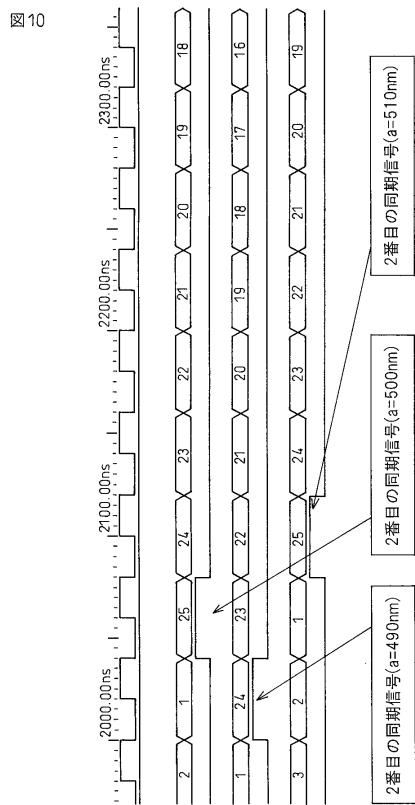
【図8】



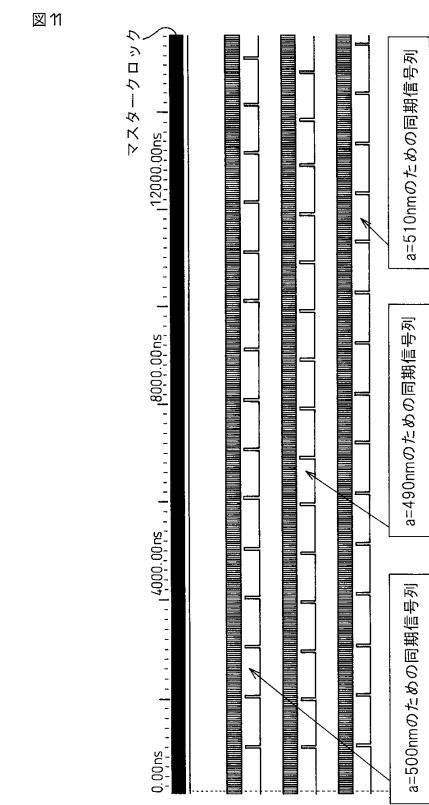
【図9】



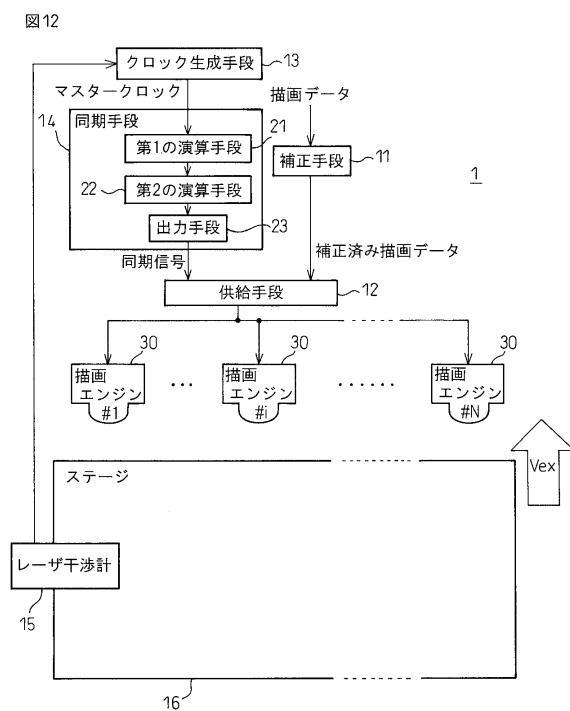
【図10】



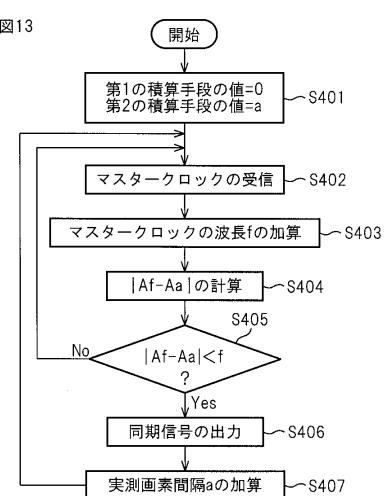
【図11】



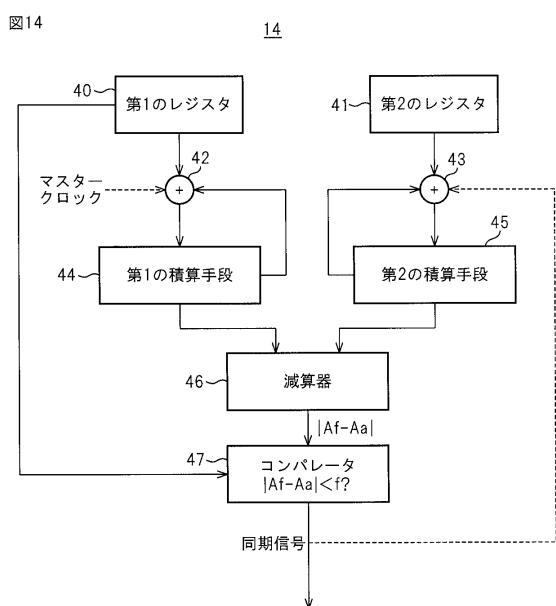
【図12】



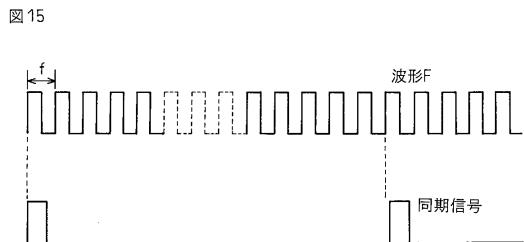
【図13】



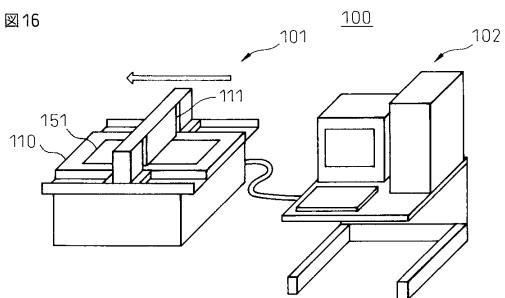
【図14】



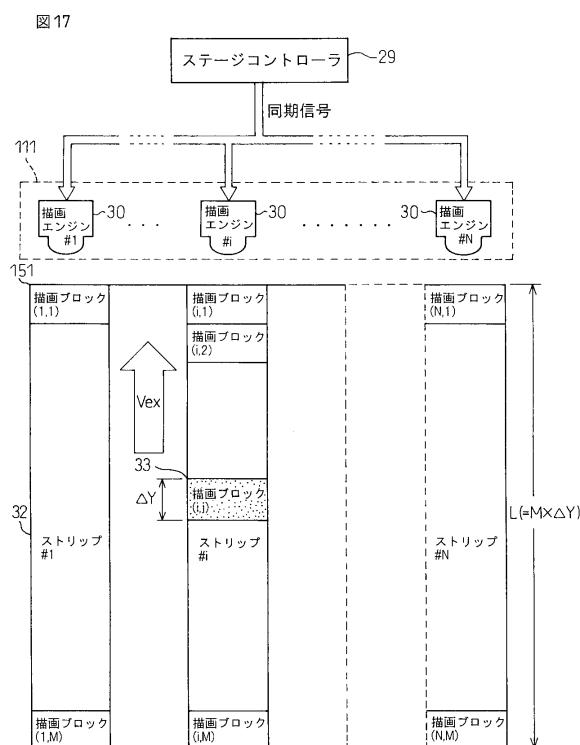
【図15】



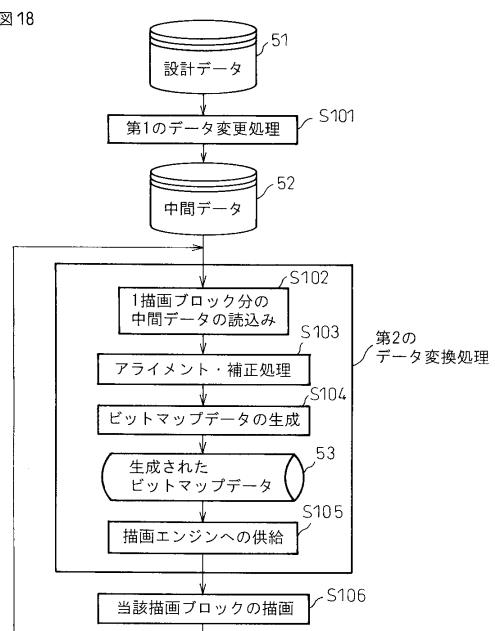
【図16】



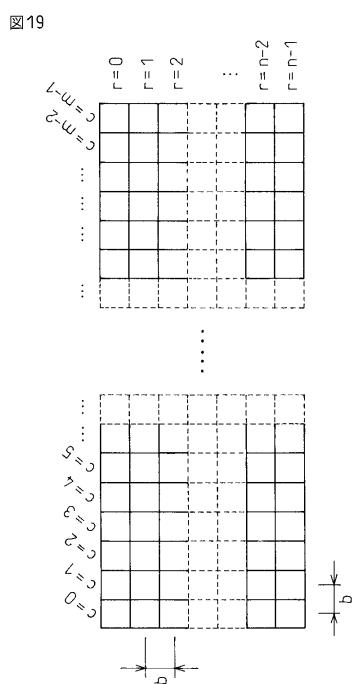
【図17】



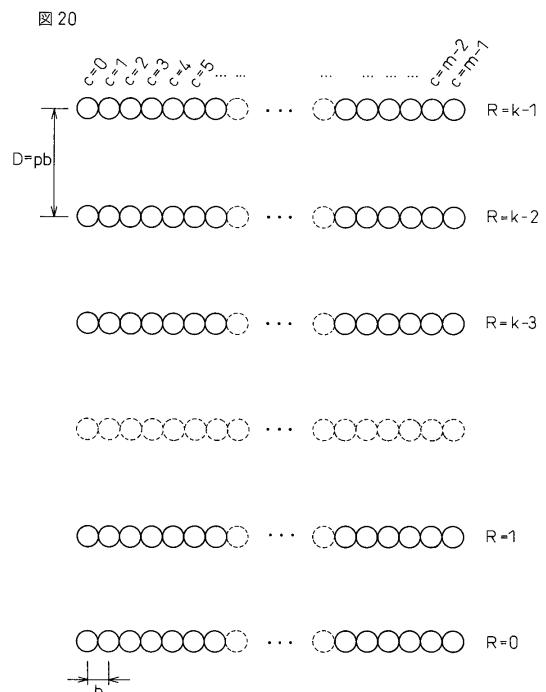
【図18】



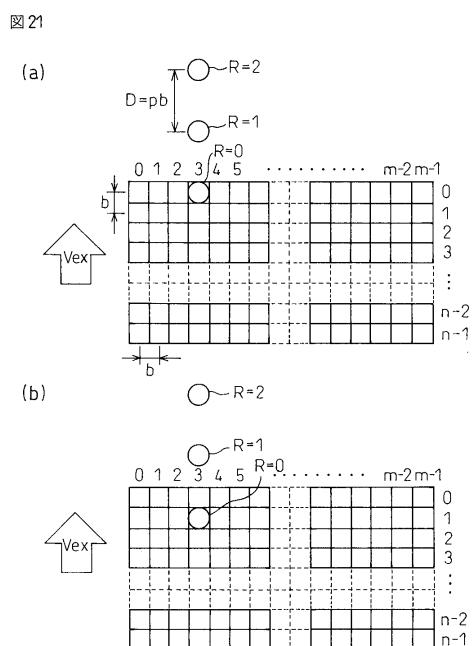
【図19】



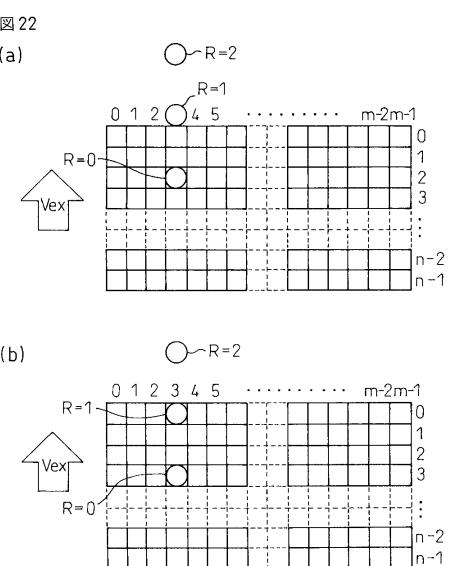
【図20】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 関川 和成
長野県長野市小島田町80番地 新光電気工業株式会社内

審査官 佐藤 海

(56)参考文献 特開2004-181723(JP,A)
特開2004-012899(JP,A)
特表2005-536875(JP,A)
特開2001-255664(JP,A)
特開2003-057836(JP,A)
特開2002-113836(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