

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4126096号
(P4126096)

(45) 発行日 平成20年7月30日(2008.7.30)

(24) 登録日 平成20年5月16日(2008.5.16)

(51) Int. Cl. F I
GO3F 1/08 (2006.01) GO3F 1/08 C
HO1L 21/027 (2006.01) HO1L 21/30 5O2P

請求項の数 14 (全 13 頁)

(21) 出願番号	特願平10-531886	(73) 特許権者	500217175
(86) (22) 出願日	平成9年1月29日(1997.1.29)		マイクロニック レーザー システムズ
(65) 公表番号	特表2002-512702(P2002-512702A)		アクチボラゲット
(43) 公表日	平成14年4月23日(2002.4.23)		スウェーデン国, タビイ, ビー, オー, ボ
(86) 国際出願番号	PCT/SE1997/000134		ックス 3141
(87) 国際公開番号	W01998/033096	(74) 代理人	100066692
(87) 国際公開日	平成10年7月30日(1998.7.30)		弁理士 浅村 皓
審査請求日	平成15年10月20日(2003.10.20)	(74) 代理人	100072040
			弁理士 浅村 肇
		(74) 代理人	100087217
			弁理士 吉田 裕
		(74) 代理人	100080263
			弁理士 岩本 行夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 感光性被覆を有する基板上に集束レーザ放射により構造物を製作する方法と装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

平行な走査線で少なくとも1つの変調レーザビームを走査する一方、該走査線に対して直角方向に走査ストライプに沿って移動することにより、入力データ内に記載されたパターンを感光性表面に描画する方法において、前記方法が次の段階、すなわち

前記入力データを、ストライプ重複区域を有する走査ストライプに対応する、部分的に重複するストライプパターンデータに分割する段階と、

予め定められた露光混成機能、それも0%の値で開始かつ終了し、更に走査線中央近くで100%の値を有する機能を、走査線に沿って得る段階と、

レーザビームを露光混成機能とストライプパターンデータとの積で変調する段階とを含み

10

、
露光混成機能は、重複区域で複数の中間値を有し、ストライプ重複区域の混成機能内の中間値間の境界が、重複区域内のパターンに対する入力データに応じて同期される、方法。

【請求項2】

前記露光混成機能が、重複区域で2つ以上の中間値を有している、請求項1に記載された方法。

【請求項3】

前記露光混成機能の形状が、ソフトウェア制御式であり、操作員により変更可能である、請求項2に記載された方法。

【請求項4】

20

前記ストライプ重複区域の幅が、ソフトウェア制御式であり、操作員により変更可能である、請求項 1 に記載された方法。

【請求項 5】

各レーザビームに対し、露光混成機能とストライプパターンデータとを組合わせて単一の変調信号が形成され、この変調信号が単一の変調器に送られる、請求項 1 に記載された方法。

【請求項 6】

変調器に送られたデータが、パターンに依存する時間遅れで適用され、更にストライプパターンデータ内の移行に時間的に近接して生じる露光混成信号内の異なる値間の移行が、ストライプパターンデータのタイミングに同期される、請求項 5 に記載された方法。

10

【請求項 7】

前記ストライプパターンデータが、露光混成機能がゼロでない区域より、少なくとも 1 クロック周期だけ広げられる、請求項 6 に記載された方法。

【請求項 8】

込み合い検出器が、時間遅れデータをモニタすることで、変調器信号内の 2 つの移行が 1 クロック周期未満だけ離れて何時生じるか指示し、かつ複数移行のうちの 1 つ移行のタイミングを変更する、請求項 6 に記載された方法。

【請求項 9】

テーブルルックアップによって組合わせがなされ、該テーブルルックアップがレーザビームパワーの測定により校正される、請求項 5 に記載された方法。

20

【請求項 10】

同期化が、露光前に入力データ内の境界に応じて制御される、請求項 1 に記載された方法。

【請求項 11】

同期化が、ビーム用に入力データ内で具体化された変調器ドライブ信号による移行に対し、露光された区域のエッジに応じて制御される、請求項 1 に記載された方法。

【請求項 12】

描画が 1 つのストライプ内で終了し、かつ隣接ストライプ内の走査線内で開始される、走査線内のストライプ境界が、ビーム用に入力データ内で具体化された変調器ドライブ信号による移行に同期化される、請求項 1 に記載された方法。

30

【請求項 13】

2 つのストライプの重複区域内のビームデータが等しく、かつビームデータ内のストライプ境界と移行との間の走査線ごとの同期が、描画時に同期回路によって行われる、請求項 12 に記載された方法。

【請求項 14】

少なくとも 1 つの変調レーザビームを平行な走査線で走査する一方、該走査線に対して直角方向に走査ストライプに沿って移動することにより、入力データ内に記載されたパターンを描画する装置において、前記装置が、

入力データを、部分的に重複するストライプ内のパターンに対応するパターン変調データに変換するためのデータ前処理システムを含み、しかも走査ストライプがストライプ重複区域を有しており、前記装置が、更に、

40

走査線の端部では 0 % 値、走査線の中央近くでは 100 % 値を有するデジタル式に記憶された露光混成機能と、

パターン変調データと露光混成機能との積によりレーザビームを変調するための変調手段とを含む、入力データ内に記載されたパターンを描画する装置であり、

露光混成機能が、ストライプ重複区域に対応する位置用の複数の中間値を含み、装置は更に、データクロックパルスに対応するより高いアドレス解像度用の変調データ内での移行を遅延させる時間遅れ回路と、重複区域内のパターンに対する入力データにストライプ重複区域の混成機能内の中間値間の境界を同期させる同期回路とを含む、装置。

【発明の詳細な説明】

50

発明の背景

1. 発明の分野

本発明は、感光性被覆を有する基板上に集束レーザービームにより製作される表面パターンと、該パターンを製作する方法および装置とに関するものである。特に、本発明は、半導体製造時にフォトリソグラフィ用のマスクまたはレチクルとして使用するのに適した、ガラス上にクロム構造物を製作する方法と装置に関するものである。

2. 従来の問題点

マスクと、ガラス上の極めて精密なクロム構造物を有するレチクルとして知られているものとは、半導体製造時にフォトリソグラフィによる構造物、すなわちパターンの製作に使用される。5倍寸法のレチクル、すなわち、5分の1に半導体ウェーハ上に写真で縮小され、かつ近い将来に最も普及する型式のマスクをなすパターンまたは構造物は、不透明なクロム構造物を有する150mm×150mmの水晶板を含んでいる。この構造物は、クロム膜上の感光性または電子感応性の被覆を露光または電子ビームに暴露することで形成される。感光性または電子ビーム感応性の被覆は、次いで化学的に現像され、その露光部分が除去される。続くエッチング処理時に、クロムは、被覆が除去された箇所から削除され、残るクロム膜がパターンまたは構造物を形成する。

公知の5倍寸法のレチクルの最小線幅は約2マイクロメートルである。しかし、要求精度水準は、これよりかなり高い。許容可能なオーバーレイ誤差、すなわち2つの連続的なステップで製作された同一レチクルのクロムエッジ位置の許容可能な差は、0.05マイクロメートル程度である。

レチクルは、半導体工業で精密な構造物またはパターンの製作に主として使用される。しかし、また他に多くの用途があり、例えば光集積回路、回折光学、コンピュータによるホログラフ、ミニチュア化されたセンサの微細機械加工、光学的な情報記憶、超伝導デバイスの分野等である。このほかの重要な用途は、半導体ウェーハのパターンの直接露光や大型ディスプレイ用のパターン発生である。十分な精度を有する表面パターンまたは構造物を製作する従来装置、特に電子ビーム式レチクル・ライターを使用する装置は高価であるため、特に大学や小企業での、これらのほとんど確立していない領域の新装置の開発が阻害されている。

あらゆる公知のパターン発生器の一般的な態様では、マスクまたはレチクルがデジタル式のデータバンクに記載されており、このデータバンクに、すべての構造物またはパターンのリストが、それらの幾何学的データを含めて内蔵されている。構造物の描画前に、幾何学的データは、描画ハードウェアにより使用されるフォーマットに変換される。この変換操作の間に、幾何座標の切り捨てが行われ、ハードウェア、すなわち描画アドレスグリッドの、アドレスを指定する解像度が得られる。

最新のパターン発生器は、走査ビームによるラスタ走査原理を利用している。走査ビームは、電子ビームまたはレーザービームであり、ビームは放射線感応性被覆を施された基板上の平行線に沿って偏向させられる。ビームは、また制御システムに記憶された構造物用のビットマップに応じてオン・オフが切り換えられる。別の選択肢は、ビームが、中間圧縮フォーマットに記憶されたデータから得られる描画時間の間に造出される。

0.5マイクロメートルのアドレス格子またはラスタを有するパターンまたは表面構造物の場合、各格子点用のビット、すなわち各画素用のデジタルビット、つまり各個別制御可能なエリア素子を有するビットマップを製作できる。

原則として、0.05マイクロメートルのアドレス能を有するパターンは、また0.05マイクロメートルの間隔の走査線で、また走査線に沿って0.05マイクロメートルの間隔の画素で描画されることが可能だろう。しかし、前記のような0.05マイクロメートルの格子および表面カバー速度を有するビットマップは、毎秒2~4ギガビットのデータ速度に対応する。この速度で単一の描画ビームを変調させることはできない。加えて、データ量は、0.5マイクロメートルの格子の場合より100倍も大であり、事実上処理不能である。圧縮データフォーマットからのリアルタイムでの拡張さえ、データの流が大部分のプロセッサのデータバスを絞るだろうから、実行不可能である。変調速度やデー

10

20

30

40

50

タの流れに関する技術上の制限のため、描画速度は著しく制限され、0.05マイクロメートルのアドレス格子を有する全画素マップを備えたレチクル・ライターを使用することができない。

3. 従来の問題点と先行技術の説明

前記の問題を解決する方法および装置が本発明の発明者によりDE-P4022732.4に提示されている。この方法および装置を、以下で説明する。この装置は、レーザビームの走査中に、前記変調器の入力を制御するデータデリバリ手段を含んでいる。一般に、データデリバリ手段は、規則的なクロックパルス・トレースを生じさせるように、クロックパルスの間に予め定めたクロック期間を有するクロックを含んでいる。また入力データを受取り、かつビーム強度データとパターンエッジ位置データとを計算または確定するために、データ処理ユニットが備えられている。ビーム強度データとビーム位置データの双方は、デジタルフォーマット形式で確定される。また装置は、データデリバリ手段の一部として、ビーム位置データを、走査中に走査線に沿ってレーザビームを位置決めする等価時間に変換する信号処理ユニットを含んでいる。特に、この等価時間は、整数のクロックパルスに余りの端数をプラスした値として変換される。等価時間に対応するタイムパルスが発生させるために、デジタル式の計算手段が備えられ、これにより整数のクロックパルスに対応する時間にタイミングパルスが発生せしめられ、かつまた時間遅れ回路が備えられ、それにより余りの端数に等しい時間遅れがタイミングパルスに与えられる。対応時間パルスが発生するさい、回路は、タイミングパルス到着時に変調器入力信号をデジタルビーム強度データにセットするために使用できる。

次に、図1に示した好適実施例について説明する。ランレングス符号化(RLE)データ項目の、変調器ドライバ論理手段6への反復ローディングは、画素速度より通常は遅い速度で行われる。データローディングは、標準IC族、例えばFAST-TTLと適合するクロック速度を有するデータデリバリクロックの速度で行われる。2つのデータ項目を組み合わせ、利用可能なビットを効果的に使用するためのデータワードを得ることができる。変調器ドライバ論理手段6は、入力部でパワーと変更位置フィールド(change position fields)とを分離し、最後の位置フィールドの一方または双方から得られる時間後に、変調手段5に変調器制御信号を送る。データデリバリクロックが画素速度より低い周波数を有する場合、それが普通の場合だが、変調器制御信号の遅れは、カウンタにより発生せしめられるのではなく、信号間に時間遅れのある異なるクロック信号から選択されるのが好ましい。

ビームパワーは、光源の変調によって、または連続光源を有する変調器の使用によって変調できる。また、構造物の一要素のエッジの最も外側の画素の露光と該エッジの変位との間の非線形の関係は、テーブル索引、読出し手続き、その他の修正処理のいずれかを用いて得ることができる。また、エッジに沿って1列以上の画素の露光を修正することで、走査線に関係する位置とは無関係の露出勾配を造出できる。

本発明による装置および方法は、連続する画素が、パワーを変更せずに、1つ以上の制御ワードが発生することなく描画されるように使用することができる。

次に、図1に示した、装置の一好適実施例については説明する。この装置は、感光性被覆を施した支持体または基板の表面に、パターンまたは構造物を造出する装置である。図示の実施例では、符号3で示した基板は、感光性被覆、例えばフォトレジストで覆われたガラス板の形式を有している。ガラス板3は、X方向およびY方向に可動の客体テーブル19上に配置されている。集束レンズ15と、好ましくは視聴覚偏向装置形式の偏向装置14とを有する描画ヘッドが、X方向とY方向とに不動に配置されている。しかし、集束レンズ15は、垂直方向(Z方向)に自由に可動である。また集束レンズ15は、ガラス板3の上方数マイクロメートルのところに、それもエアクッション上に配置されている。エアクッションは集束レンズ15の重量を負荷されるだけなので、エアクッション高さは、Z座標は無関係のため、一定に維持でき、この結果、ガラス板3の表面は、該表面に凹凸があっても、常時、焦点平面内に保持される。

レーザビーム源13が発生させるレーザビームは、そのパワーが変調され、特にその強度

10

20

30

40

50

が、変調装置 5、特に視聴覚変調装置により変調される。集束レンズ 15 は、レーザビームを焦点に集束し、符号 1 で示した集束レーザビームを形成する。この集束レーザビームが、ガラス板基板 3 の表面に向けられる。

客体テーブル 19 の位置決めをモニタするために、この装置には、位置モニタ装置 18 x、18 y が備えられ、描画ヘッド（偏向装置 14 と集束レンズ 15）に対し、X 方向と Y 方向での客体テーブル 19 の位置決めがモニタされる。電動モータ 17 x、17 y と共に、位置モニタ装置 18 x、18 y は、客体テーブル 19 の運動を精密制御するサーボ機構を形成する。

X 方向に操作可能なこのサーボ機構は、好ましくはリニアモータ形式の電動モータ 17 x を介して客体テーブル 19 を X 方向に一定速度で移動させることで、レーザビームが走査線 2 に沿って走査するさい、所定幅のストライプ 30 を造出する。各ストライプ 30 が完了すると、X 方向に操作可能なサーボ機構は、出発位置への戻り行程運動を行い、客体テーブル 19 は、その場合、Y 方向にストライプ幅だけ電動モータ 17 y により移動させられる。電動モータ 17 y は、ステッピングモータ形式であるのが好ましい。

走査回路 26 は、直線ランプ機能を有する高周波偏向信号を発生させる。走査回路 26 は偏向装置 14 に接続されている。この構成によって、レーザビーム 1 が各ストライプ 30 の幅で線形に偏向させられる。集束レーザビーム 1 の焦点は、走査線 2 に沿ってガラス板 3 の表面に偏向される。走査線 2 は、ストライプ 30 の長手方向の延びに対し直角に延在する。図 1 の符号 8 は、走査線 2 内の画素の位置を示したものだが、単なる略示であり、言い換えると一定尺度で示したものではない。

例えば HeCd レーザであるレーザビーム源 13 は、442 nm の好適波長でレーザビーム 1 を発生させる。レーザビームは、高周波変調ドライブ信号 4 によって起動される音響光学式の変調器 5 を通過する。変調ドライブ信号 4 は、変調器ドライバ論理手段 6 によって供給される。変調ドライブ信号 4 の強度またはパワーは、デジタル/アナログ変換器のアナログ変調ドライブ信号によって制御される。図 3 に示したように、変調器ドライバステージまたは論理手段 6 内に配置されたデジタル/アナログ変換器は、記憶装置を介しパワー制御信号 7 によって制御される。記憶装置は、好ましくはレジスタ形式で、制御効果を得るのに必要なデジタルパワー制御ワードを記憶するためのものである。

この点を、図 1 に関連して既に説明した変換器ドライバ論理手段 6 の一好適実施例を示す図 3 について説明する。この論理手段 6 は、レジスタ 605、608 の形式の 2 つのビットワード用記憶装置を有している。レジスタ 605 は、図 1 に示したデータデリバリ装置 24 から得られる強度またはパワーデータ 7 をロードされる。レジスタ 605 は、また同じくデータデリバリ装置 24 から得られる位置データ又は遅延データ 25 をロードされる。これは、クロック信号 31 によって生じる遷移を基礎として行われる。この構成では、デジタル/アナログ変換器 606 も、記憶装置 607 に前もって記憶されたパワーデータによって操作される。この記憶装置もレジスタ形式にすることができる。デジタル制御遅延回路 609 は、クロック信号 31 を、レジスタ 608 に記憶されたデータに応じた遅れで回路の出力部へ伝送する。この遅れの後、クロック信号のアクティブ・エッジが、遅延回路 609 の出力部 610 に供給される。レジスタ 605 に記憶された値は、レジスタ 607 にロードされ、デジタル/アナログ変換器 606 の入力側へ伝えられる。デジタル/アナログ変換器 606 内での遅延後、新たなアナログパワー制御信号 7 が変調装置 5 の変調器ドライバステージの出力部に発生する。

図 1 に戻って特に言及しておく点は、太い矢印線は構造物に関連するデータの流れを示し、細かい線は制御信号用のラインを示している点であり、図 1 の実施例は、更に描画制御ユニット 29 を含んでいる。該ユニットはプロセッサ形式にすることができる。制御ユニット 29 は、記憶装置 23 からのデータの読み込み操作を開始させ、客体テーブル 19 の運動を制御する X Y 方向サーボ制御ユニット 27 への指示信号または命令信号を送る。クロック発生器 28 は、クロック信号 31 を発信する。クロック信号 31 は、データデリバリ論理手段または装置 24、変調器ドライバ論理手段 6、偏向回路 26 の操作を同期させる。サーボ制御ユニット 27 は、更に偏向回路 26 へ別個のレディネス信号 32 を送る。この

10

20

30

40

50

レディネス信号32は、客体テーブル19がその正しいX位置に達するまで、確実に偏向装置14の操作が行われなようにする。これによって、客体テーブル19が偏向装置14に対し正確に位置決めされる。変調装置5と偏向装置14とが無慣性式に操作され、同じクロック信号31で駆動されるので、この構成によって高い程度の位置精度が得られる。

XY方向のサーボ制御ユニット27は、このように、サーボシステム17x, 17y, 18x, 18yおよび偏向装置26と調時された関係で協働し、これによって、偏向装置14による各ストライプ幅での走査と、変調装置5による変調とが同期に行われることで、走査線ストライプ30が確実に形成される。

この装置は、また単一の描画ビームの代わりに複数の描画ビームを使用することもできる。その場合には、適当な数の変調器、レンズ、平行なデータ・パス等々が必要とされる。位置フィールドは、パワー変更のための絶対位置を計算する十分なデータを含んでいるが、位置フィールドは必ずしも絶対位置として符号化されていない。特に対にされたパワーおよびランレングス・データを用いる場合、ランレングス符号化は、次の変更前に電流値を保持するためのスペース設定、次の電流値を保持するためのスペース設定、次の値が始まる絶対位置、次の値が終わる絶対位置、他の何らかの適当な符号化のいずれかとして行うことができる。加えて、位置フィールドは2つのサブフィールド、すなわち一方の絶対位置サブフィールドと、他方の相対位置サブフィールドとを含むことができる。変調装置5の代わりに、被変調光源、例えば単数または複数の半導体レーザーの使用も可能である。更に、図1に示した装置の説明を続けると、データ入力装置20は、基板3上に描かれるはずの、符号9で示した構造物の入力データを含んでいる。このデータは、構造物またはパターン要素12、16のリストの形式か、正規の構造公式または構造定数の形式で与えられ、構造要素が計算できるようにされている。露光の様子は、最大露光値に標準化されるか、または単一の露光値の場合には、すべてのパターン用であることが暗に仮定できる。あらゆる場合に、X長さおよびY長さの尺度、軸間の角度、絶対露光量は、オペレータが修正でき、それにより入力データに具体化される。また、他のデータ処理作業、例えば鏡映(mirroring)、反転(inversion)、中間調修正、アンダーエッチングまたは近接効果の前補償作業等を行うこともできる。デリバリ・クロックは、単相または多相クロックでよく、ランレングス符号化データ項目のローディングは、1つのレジスタまたは2つ以上のレジスタで行うことができる。デコード論理は、プレリコール操作または他のバッファを含むことで、操作速度を増すことができる。操作速度を増す目的では、またデータパスの一部を多重化することができる。例えば、1つだけのレーザービームが使用される場合でも、複数の変調器ドライバ論理手段を用いることができる。

描画ヘッドと基板との間の相対運動は、定置基板に対して描画ヘッドが移動するか、またはその逆に行われる。また描画ヘッドを一方向に移動させ、この方向に対し基板を直角に移動させることも可能である。

更に図2aについて説明する。図2aには、各画素の回折制限範囲を示す小円を有するグリッドが示されている。これらの画素は、画素グリッド504上に定心され、走査線ストライプ503が、符号502で示された継起する複数走査線によって形成されている。画素は、走査線502上に定心され、互いに等間隔に配置されている。画素の間隔と継起する走査線506の間隔とは等しい。図2aは、露光された走査線502と、画素に満たされ、3つのストライプ503にわたって延在する区域とを示している。この区域は、垂直線に対し傾斜して延びるエッジ505と、水平線に対して傾斜して延びるエッジ506とを有している。図示の構造物の場合、エッジは、画素の断片箇所には設けることはできないため、傾斜したエッジ形状は、不揃いの、または凹凸のある形状になっている。

これに対し、図2bに示した画素配置では、走査線502に沿った画素密度が、ストライプ503の長手の伸び方向、つまり走査線502に対し直角方向でよりも高い。より詳しく言えば少なくとも4倍高い。このことは、図2aに間隔A1、A2によっても示されている。A1は、走査線502にアドレスする各画素の間隔に等しい一方、A2は、各走査

10

20

30

40

50

線 5 0 2 の相互間隔に等しい。図 2 b から明らかなように、垂直のエッジに極めて微細なアドレスが可能になる。したがって、垂直線に対し傾斜して延びるエッジ 5 0 8 の場合にも、比較的滑らかな形状が可能になる。

パワー変調効果により、図 2 b からはっきり分かるように、水平線に対して傾斜して延びるエッジ 5 0 9 も改善される。

図 1 については説明すると、作業時、製作されるべき構造物 9 または構造物要素 1 2、1 6 の幾何的特性は、その露光量と共に、データ入力手段 2 0 内でフォーマットに具体化され、このフォーマットがデータ処理装置 2 1 へ伝送される。データ処理装置 2 1 は、幾何的データを中間圧縮フォーマット 2 2 に変換する。圧縮フォーマット 2 2 は、デジタル記憶装置 2 3 に入力される。圧縮フォーマットは、またデータデリバリ装置 2 4 へ送られ、そこで記憶されたデータが処理され、内部データフォーマットが得られる。内部データフォーマットは、1 対のデータ内容 7、2 5、すなわちビームパワーに関するデータ内容 7 と、位置に関するデータ内容 2 5 とを含んでいる。データ内容 2 5 は、既に図 3 に関連して説明した遅延データを含むことができる。ビームパワーに関するデータ内容 7 は、パワー制御信号 7 の形式で変調器ドライバステージ 6 に送られる一方、位置に関するデータ内容 2 5 は、位置信号 2 5 の形式で変調器ドライバステージ 6 へ送られる。論理回路形式の変調器ドライバステージ 6 は、これらのデータをデータデリバリ装置 2 4 から呼び出す。変調器ドライバステージ 6 は、変調ドライブ信号 4 を発生させ、この信号 4 は、ストライプ 3 0 に対し直角に延在する走査線 2 に沿って規則的な間隔で配置された画素箇所 8 のところで可変である。

4 . 先行技術に関する問題点

走査パターン発生器の 1 つの重要な性能識別基準は、隣接走査ストライプ間の境界を横切って小さいパターン要素を、誤差なしに印刷する能力である。通常、各ストライプは、隣接ストライプに対し僅かにずれている。なぜなら、ストライプは、正確に等しい時間には描画されず、どんなシステムも、いくらかのドリフトと位置ノイズとを有しているからである。ストライプ境界の両側でのパターンの不整合は、ここでは突合わせ誤差と呼ぶ。したがって、小さいパターン要素がストライプ境界を横切って配置された場合、パターン要素の寸法誤差は、普通、突合わせ誤差のために生じる。

この寸法誤差の一例は、説明目的のために挙げるのであり、本発明を制限するために挙げるものではない。0 . 5 μm V L S I 装置用の 5 倍寸法フォトマスクでは、トランジスタゲートは 2 . 5 μm 長さである。マスク内での絶対位置精度は、1 0 0 n m (3 シグマ値) であることが必要である。しかし、ストライプが、ランダムに $\pm 1 0 0$ n m だけ変位した場合、マスク内のどこかで、2 つの隣接ストライプ間に恐らく 1 7 0 n m の相対変位が生じる可能性がある。トランジスタゲートが、このストライプ境界を横切って配置されると、該ゲートは、1 7 0 n m だけ、または 2 . 5 μm の 7 % だけ広げられる。この寸法誤差は、トランジスタの特性に影響を与え、回路全体が機能不全に陥るか、もしくは他のプロセス誤差に対する許容度が減少し、したがって作業出来高が減少する恐れがある。

突合わせ誤差を低減するための公知の一方法によれば、パス間でストライプが変位した数パスが描画される。それによって突合わせ誤差は平均化されるが、この方法は、事実上同じパターンを数回描画せねばならないので、無駄が多い。

発明の要約

走査線が各走査ストライプを横切って延びるように、平行な走査線が基板に沿って走査ストライプを形成するようにすることで、本発明によれば、ストライプの端部境界、特に隣接ストライプ間の端部境界の可視度を抑制する方法と装置とが得られる。こうしたことは、他の場合には、基板の感光性表面に構造物を描画するのに使用される装置によって行われる。本発明によれば、ストライプは互いに重複するように製作される。

本発明の一態様によれば、一つのストライプから次のストライプへの移行は、データ内の造作 (f e a t u r e) のエッジ位置に同期される。

本発明の別の態様によれば、ストライプは、予め定めた段階状に変化する機能に応じた重複により混成される。この方法によって、本発明の利点は、あらゆる妥当な入力データの

10

20

30

40

50

場合に事実上不可視になるストライプ境界を横切って維持される。このことは、複雑性、データ量、データ処理量が増しても極めて安価な出費で可能である。

以上の一般的説明と以下の詳細な説明は、説明目的の例示に過ぎず、請求として本発明を制限するものではない。本発明のその他の目的、特徴、利点は以下の説明から明らかになろう。

【図面の簡単な説明】

添付図面は、明細書に組込まれ明細書の一部をなしており、本発明の好適実施例を示し、説明と共に、本発明の原理の理解に役立つものである。

図 1 は、先行技術の方法による表面パターンまたは構造物を製作する装置を示している。

図 2 a は、固定された画素グリッドを示す図。

図 2 b は、先行技術による画素の配列を示す図。

図 3 は、図 1 の装置に使用可能な変調器ドライバ論理の一実施例の図。

図 4 は、目標最小パターン寸法より小さいストライプ境界を僅かに超えて延びる区域を有するパターンを示す図。

図 5 は、本発明の一態様を示したもので、隣接ストライプ間の境界が、各走査線ごとに移動せしめられ、そうでなければ目標最小寸法より小さくなるであろうパターン区域が除かれている。

図 6 は、本発明の別の態様を示す図で、この場合、パターンは部分的に重複するストライプに分割され、露光が、露光混成機能によって重複部で混成されている。

図 7 は、図 6 の重複ストライプの混成用に使用可能な、本発明の変調器ドライバ論理の一実施例を示す図。

図 8 は、図 7 の実施例の機能を説明する位置および時間のチャートである。

好適実施例の詳細な説明

既述の方法および装置を用いて、精確かつ効果的に、任意のパターンを描画できる。しかし、好ましくは次の 2 つの条件が満たされることが望ましい。第 1 は変調器ドライブ信号は、値の変更をデータクロック周期当たり 1 度だけとすべきである。第 2 は、変調器ドライブ信号の 2 つの継起する変更の間の時間は、以下で最小造作寸法と呼ぶ固有値より小さい値であってはならない。第 1 の条件により、常時、1 クロック周期より長い造作が、グリッドに対する位置に関係なく描画され得る。第 2 条件の最小造作寸法は、したがって、概して 1 クロック周期と考えられる。

実際には、パターンの一部は、パターンがカットまたは分割されて走査ストライプにされると、最小造作寸法より小さくなることがある。例えば、説明目的用の図 4 について説明すれば、2 組の平行な走査線 701、702 が、2 つの隣接走査ストライプを形成し、1 つのストライプ境界 703 を分け持っている。クロックパルスに対応する走査線に沿った位置は、線 704 として示され、最小造作寸法は、1 つのクロック周期 705 と等しい。長い造作 706 は問題なくストライプ境界で分けられるが、僅かだけ隣接ストライプ内へ突入している造作は、分けられた場合には最低造作寸法条件に違反する小さいパターン要素 707 を生じさせる。

本出願の譲受人により使用される、第 2 条件違反を避ける一方法は、最低の造作要求仕様を満足させ、かつ走査ストライプの外側へ延びる造作を発生させることである。その場合、ストライプ境界で造作をカットするために、独立のゲート信号またはウインド信号が使用される。こうすることで、必要なときに、極めて短いパルスを発生させることができる。しかしながら、変調器のローパス特性および非線形特性により、短いパルスにひずみが発生し、図 4 に示したようなパターンは、可視的な形成物 (a r t i f a c t s) なしには、描画が依然として困難である。

本発明の付加的な態様による方法と装置では、したがって最小造作寸法より小さいパターン要素の描画が防止される。特に、本発明の方法および装置では、走査線から走査線までのストライプの境界位置が、描画されるパターンに応じて変更される。図 5 には、いくつかの事例について、境界の配置が示されており、その場合、露出済みの要素と未露出の要素 801、802 間の移行が、変調器のオン・オフ過程とは異なるパワーレベルを用いて

10

20

30

40

50

行われる。各事例で、境界は、露出済み要素および未露光要素が最小造作寸法 806 と少なくとも等しい大きさとなるように設けられ、これにより既述の第 2 条件に違反することがなくなる。図 5 は、更に走査線 804、805 の重複部 803 が、最小造作寸法 806 の少なくとも 2 倍にできることが示されている。この重複部 803 では、変調器ドライブ信号内で移行が行われるか、またはパターンの造作が、最小造作寸法条件を満足させるため、2 部分にカットされても十分に長くなるようにされている。

本発明の重要な一態様によれば、突合わせ誤差の影響が低減され、処理量の損失が最低減にされる方法と装置が得られる。本発明では、連続する走査ストライプ間の重複が控えめにされ、複数ストライプが、重複区域で混成される。一方のストライプから次のストライプへの移行は急激ではなく、突合わせ誤差は、通常はストライプ幅の約 5% ~ 10% である重複区域にわたって効果的に分配される。したがって、既出の図面について言えば、突合わせ誤差は 10 μm の重複部にわたって広げることができる。このようにして、2.5 μm の造作では、全突合わせ誤差の 4 分の 1、すなわち 42 nm の誤差、または 2% 未満の寸法誤差が見られるに過ぎない。

図 6 には、本発明の重複および混成形式が略示されている。パターンデータ 901 は、データストライプ 902、903 にカットまたは分割され、しかもデータストライプ 902、903 は部分的に互いに重複している。露光混成機能 904 は、走査線に沿った露光エネルギーを決定する。混成機能 904 は、データストライプが、互いに混成された場合、パターンの均一な露光を生じさせる。特に、混成機能は、各データストライプのパターンデータの露光レベルを控えめにするのに使用され、この結果、露光は、パターンデータと混成機能との積となる。

混成機能を実施して、突合わせ誤差の影響を低減するために、光ビームは、2 つの直列変調器を通過することができる。一方の変調器はデータ用、他方の変調器は混成機能用である。しかし、より好ましいのは、データと混成機能とを組合わせて単一の電子信号を発生させ、この信号を単一の變調器へ送るようにすることである。このように、2 つの変調器を用いるより単一の變調器を用いる方が光の効率を高めることができる。なぜなら、各變調器が約 20% のそう入損を有するからである。加えて、単一の變調器を有する光学トレーンは、2 つの直列變調器を有するものより、かなり複雑度も出費も低減され、調節も容易となる。

この組合わせ式變調用の装置の好適実施例が、図 7 に示されている。この變調器ドライブ論理 6 には、図 3 の素子と等しい素子（等しい符号で示す）に加えて、露光混成機能を実施する付加的な素子とが含まれている。

前述のように、變調器ドライブ信号 4 は、時間遅れデータ 25 とパワーデータ 7 の双方を用いて発生せしめられる。露光混成機能は、プロセッサ・インタフェース 1002 を介してロードできるルックアップメモリ 1001 に記憶される。強度データ 7 と走査線内のクロックカウント 1003 とは、ルックアップメモリ 1001 内の 1 つのセルに同時にアドレスするさいに用いられる。また、ルックアップメモリ 1001 は、各クロック周期ごとに強度値 1004 を出力する。この強度値は、パワー混成機能とパワーデータとの積に相応し、かつ變調器の非線形度に合わせて修正される。加えて、時間遅れ回路 608、609、607 は、図 3 の回路と事実上等しく動作する。異なる点は、ラッチ 607 が、パワー入力データ 7 の変更時のみでなく、各クロック周期に刻時されることで、デジタルアナログ変換器が露光混成機能の新しい値で更新される点である。

周期カウントはカウンタ 1006 から得られる。カウンタ 1006 は、データクロック 31 で周期を計算し、各走査線の開始時に走査開始パルス 1007 によってリセットされる。ふくそう検出器 1005 が付加されることで、最小造作寸法条件が違反されないように保証され、違反された場合には、1 つのクロックパルスが除去される。除去されたクロックパルスは、パワーデータ 7 内で移行に関係しないパルスである。このプロセスは、予め予測の難しい機能変化を生じさせるが、入力データによって完全に決定されている。ストライプ内のパターンは重複部では等しく、回路は、双方のストライプ内で精確に等しい動作を行う。この原理は、露光混成動作のタイミングをパターンデータに確定的に同期させ

10

20

30

40

50

て、精確に等しいパターンを両ストライプ内に形成することにある。

図8は、2つのストライプが重複区域で混成される状況を示す位置・時間チャートである。描画されるパターン1101は、2つの異なる露光レベルを有する要素1102、1103から成っている。グラフ1104は、パターン1101に対応して描画される露光Eを示している。水平軸は、したがって位置軸と時間軸双方を表している。なぜなら走査は左から右へ線形に行われるからである。2つのストライプが、それぞれ矢印1105、1106によって示され、重複部は符号1107で示されている。位置・時間チャートの垂直線1108はクロックパルスを示している。

露光混成機能の左右の端部はグラフ1109、1110によって示されている。同じように、2つのストライプのそれぞれに対する変換器ドライブ信号の値は、それぞれグラフ1111、1112によって示されている。またグラフ1111は、グラフ1104とグラフ1109との積であり、グラフ1112は、グラフ1104とグラフ1110との積であることが示されている。加えて、説明目的のため、グラフ1109のステップは、1クロック周期内でデータ内のステップと同期されるが、込み合う(congestion)検出器により更に1周期遅延せしめられたステップ1113は除外される。なぜなら同ステップ自体のクロック周期で生じることが可能だった場合には、最小造作条件に違反したはずだからである。

組合わせた場合、グラフ1111とグラフ1112との合計はグラフ1104になる。データ1104に対応するパターン1101は、したがってストライプ1105、1106の間の重複部で混成機能1109、1110によって混成され、混成機能タイミングは、変調器ドライブ信号1111、1112を発生させるデータに同期される。加えて、ストライプは、混成機能が双方ともゼロでない区域の外に2クロック周期だけ延びるのが好ましい。これにより、確実に両ストライプ内のパターンは等しくなり、かつ最終効果により、両ストライプ内で露光を行うデータとの混成機能の同期化が変更されることはない。

露光混成機能の形状、重複部の長さ、0%~100%のステップ数は、システムのソフトウェアによって決定され、パターン発生器の使用者により入力されるパラメータにすることができる。極めて臨界的なパターンの場合、重複部は、1/2までストライプ幅を増加でき、またステップの数も増すことができる一方、より臨界的でないジョブの場合、重複部は、より高い処理量を得るために、減少させることができる。ルックアップメモリの内容は、実ビームパワーの測定により校正され、真の露光が理論混成機能に従うようにされる。

本発明の別の実施例では、また露光混成信号が、重複部での混成についての情報に加えて、走査線に沿った露光変化に関する情報をも含んでいる。走査線に沿った真の露光を測定し、露光混成機能に適切な修正を加えることにより、不必要な露光変更をすべて除去できる。修正の大きさは極めて小さく、通常は約2%であり、込み合い(congestion)検出器によるタイミングの予測不能度は、概して重要ではない。

同期化と混成機能とを有する前述の複数の方法は、別個に用いても組合わけて用いてもよい。同期化は、このため、露光された表面上の境界か、または露光前にビームを制御する入力データ内で検出される境界に依存することができる。

本発明の以上の説明は、本発明の原理を、もっぱら実施例と図面について行ったものに過ぎず、このほか種々の変更態様や代替形式が、本発明の精神と範囲を逸脱することなしに可能であると理解されたい。

10

20

30

40

【 図 1 】

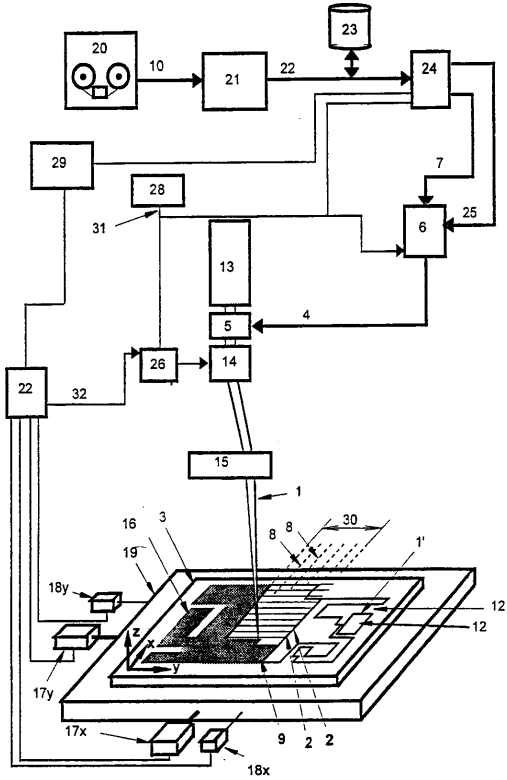


Fig. 1

【 図 2 a 】

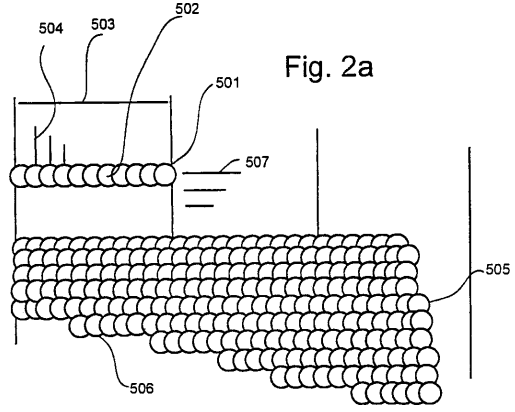


Fig. 2a

【 図 2 b 】

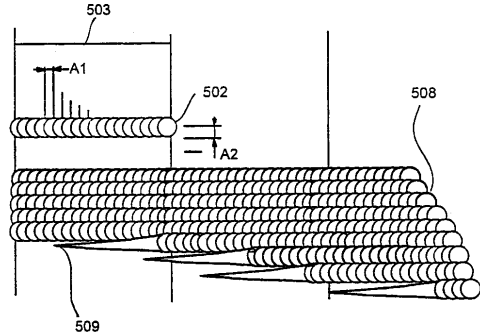


Fig. 2b

【 図 3 】

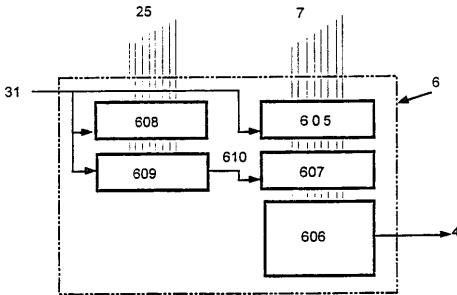


Fig. 3

【 図 4 】

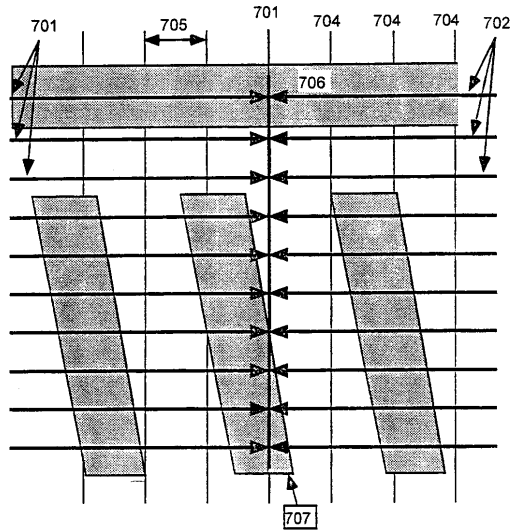


Fig. 4

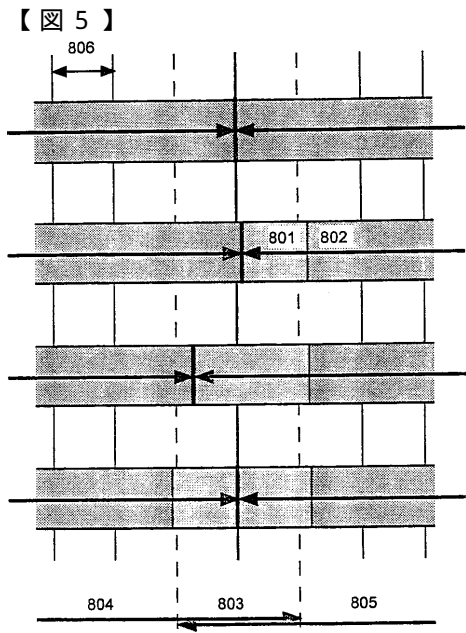


Fig. 5

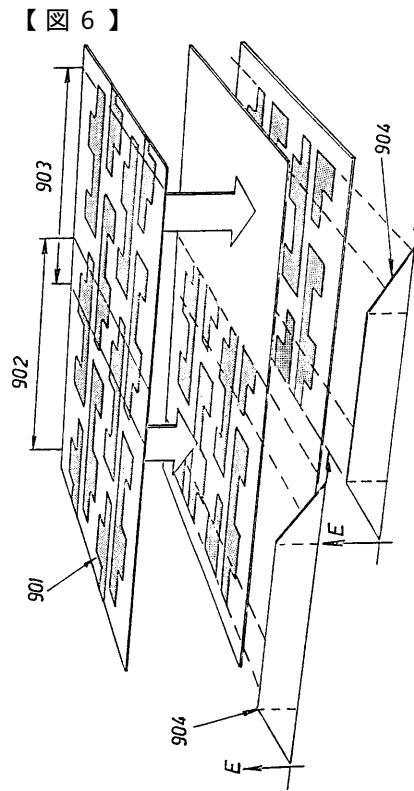


Figure. 6

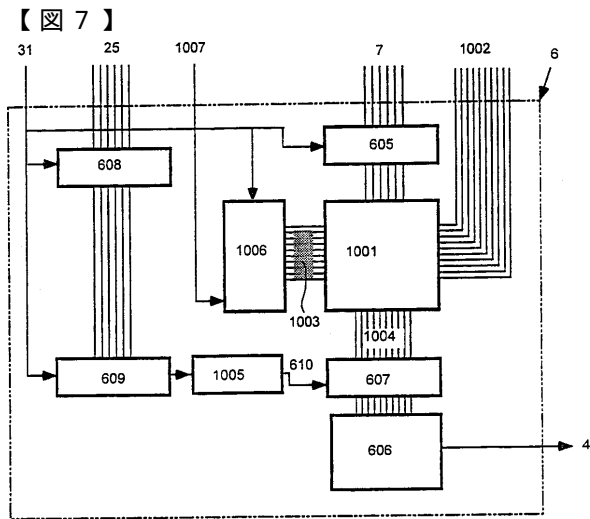


Fig. 7

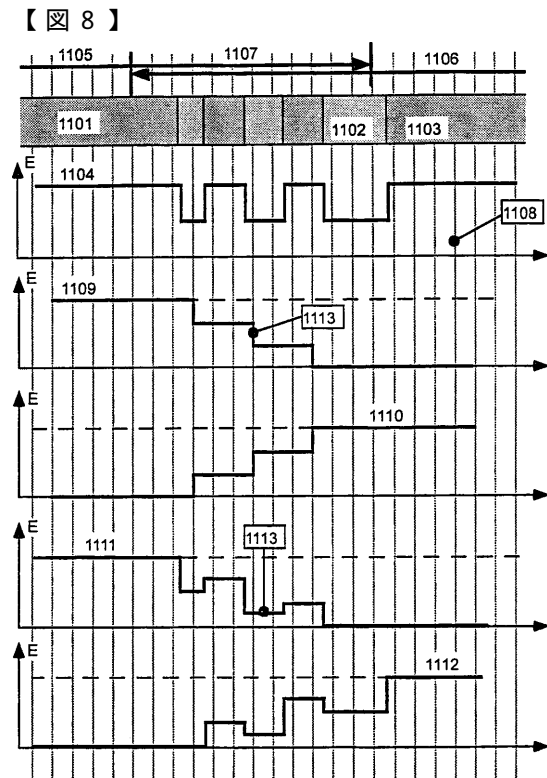


Fig. 8

フロントページの続き

- (72)発明者 サンドストロム, トルブヨルン
スウェーデン国, モルンリケ, バンペーゲン 5 6
- (72)発明者 ツーレン, アンデルス
スウェーデン国, タビイ, トルグニイペーゲン 2 1

審査官 多田 達也

(56)参考文献 特開昭63-070423(JP, A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027

G03F 1/08

G03F 7/20 - 7/24