

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2009-532863

(P2009-532863A)

(43) 公表日 平成21年9月10日 (2009.9.10)

|                              |                 |             |
|------------------------------|-----------------|-------------|
| (51) Int.Cl.                 | F I             | テーマコード (参考) |
| <b>H01L 21/027 (2006.01)</b> | H01L 21/30 521  | 5F046       |
| <b>G03F 9/00 (2006.01)</b>   | H01L 21/30 525Q |             |
|                              | H01L 21/30 525G |             |
|                              | H01L 21/30 525L |             |
|                              | G03F 9/00 H     |             |
| 審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 18 頁) |                 |             |

(21) 出願番号 特願2009-502841 (P2009-502841)  
 (86) (22) 出願日 平成19年3月16日 (2007.3.16)  
 (85) 翻訳文提出日 平成20年9月29日 (2008.9.29)  
 (86) 国際出願番号 PCT/US2007/006707  
 (87) 国際公開番号 W02007/120420  
 (87) 国際公開日 平成19年10月25日 (2007.10.25)  
 (31) 優先権主張番号 11/396,167  
 (32) 優先日 平成18年3月31日 (2006.3.31)  
 (33) 優先権主張国 米国 (US)

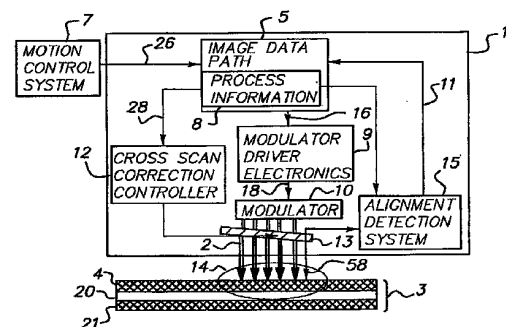
(71) 出願人 590000846  
 イーストマン コダック カンパニー  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク州 ロチェ  
 スター ステート ストリート 343  
 (74) 代理人 100075258  
 弁理士 吉田 研二  
 (74) 代理人 100096976  
 弁理士 石田 純  
 (72) 発明者 リバース アンドレア エス  
 アメリカ合衆国 ニューヨーク ブルーム  
 フィールド カウンティ ロード 222  
 7 35

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マスクレスリソグラフィのための動的補償システム

## (57) 【要約】

基板 (3) 上にパターニングされた複数の層を動的に整合させる方法は、第一の層を基板上に積層するステップと、第一の層の上に第一のパターン (20) を印刷するステップと、第一のパターンの上に第二の層を積層するステップと、第二の層の上に第二のパターンを印刷し、その間、第一のパターンを動的に検出して、第二のパターンを第一のパターンに位置合わせするステップを含む。



**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

基板上のパターニングされた複数の層を動的に整合させる方法であって、  
第一の装置の上に第一のパターンを形成するステップと、  
前記第一のパターンの上に第二の層を積層するステップと、  
前記第二の層の上に第二のパターンを形成するステップであって、前記第一のパターンを動的に検出して前記第二のパターンを前記第一のパターンに位置合わせしながら形成するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

**【請求項 2】**

請求項 1 に記載の方法であって、  
第一の層は、前記第一のパターンを形成する前に前記基板上に積層されることを特徴とする方法。

**【請求項 3】**

請求項 1 に記載の方法であって、  
前記検出は光学的に行われることを特徴とする方法。

**【請求項 4】**

請求項 3 に記載の方法であって、  
前記光学検出は、マスクを備えるフォトダイオード、リニアアレイまたはエリアアレイからなる集合から選択されるセンサによって実行されることを特徴とする方法。

**【請求項 5】**

請求項 4 に記載の方法であって、  
前記フォトダイオードはバイセルまたは四分分割セルまたはラテラル効果フォトダイオードであることを特徴とする方法。

**【請求項 6】**

請求項 3 に記載の方法であって、  
前記光学検出は、  
前記第二の層を照明するステップと、  
前記第一のパターンによる反射を検出するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

**【請求項 7】**

請求項 6 に記載の方法であって、  
前記照明は、コヒーレント光源とインコヒーレント光源からなる集合から選択される光源により実行されることを特徴とする方法。

**【請求項 8】**

請求項 6 に記載の方法であって、  
前記照明と光学検出は、  
コヒーレント光源で前記第二の層を照明するステップと、  
前記第一のパターンによる反射光線の偏向を検出するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

**【請求項 9】**

請求項 6 に記載の方法であって、  
前記照明と光学検出は、  
前記第二の層をコヒーレント光源で照明するステップと、  
前記第一のパターンによるコヒーレンスの変化を検出するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

**【請求項 10】**

請求項 6 に記載の方法であって、  
前記照明と光学検出は、  
前記第二の層をインコヒーレント光源で照明するステップと、

10

20

30

40

50

前記基板と前記第一のパターンの各々の差を検出するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 1】

請求項 6 に記載の方法であって、  
前記照明と光学検出は、  
前記第二の表面をコヒーレント光源で照明するステップと、  
射出光線と反射光線の組み合わせにより形成される干渉パターンを検出するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 2】

請求項 1 に記載の方法であって、  
前記動的検出のステップは、キャプチャウィンドウ内で実行されることを特徴とする方法。

【請求項 1 3】

請求項 1 2 に記載の方法であって、  
前記キャプチャウィンドウは事前に決定されることを特徴とする方法。

【請求項 1 4】

請求項 1 2 に記載の方法であって、  
前記キャプチャウィンドウは、前記第一のパターンによる光学的に検出される形跡を認識することによって検出されることを特徴とする方法。

【請求項 1 5】

少なくとも 1 つのパターンを有する基板の上に、パターニングされた第二の層を動的に整合させる方法であって、  
前記少なくとも 1 つのパターニングされた層の上に第二の層を積層するステップと、  
前記第二の層の上に第二のパターンを形成するステップであって、前記少なくとも 1 つのパターンを動的に検出し、前記少なくとも 1 つのパターンに前記第二のパターンを位置合わせしながら形成するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 6】

複数のパターンを有する基板の上にパターニングされた層を動的に整合させる方法であって、  
前記基板上に追加の層を積層するステップと、  
前記追加の層の上に追加のパターンを形成し、その間、前記複数のパターンの少なくとも 1 つを動的に検出して、前記追加のパターンを前記既存のパターンの前記少なくとも 1 つに位置合わせするステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 7】

前記第二のパターンを前記第一の層の上の前記第一のパターンに位置合わせするための請求項 1 に記載の方法であって、  
補正信号に従って光学素子を回転させ、印刷光線と検出光線の両方をシフトさせるステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 1 8】

前記第二のパターンを前記第一の層の上の前記第一のパターンに位置合わせするための請求項 1 に記載の方法であって、  
マスクングされた光検出器で前記第一のパターンを動的に検出し、その間に前記第二のパターンを形成するステップと、  
前記検出された信号からインスキャンおよびクロススキャン誤差を計算するステップと、  
前記検出されたインスキャン誤差に基づいて前記第二のパターンの形成のタイミングを調整するステップと、

10

20

30

40

50

前記検出されたクロススキャン誤差に基づいて、前記第二のパターンを形成するクロススキャン位置を調整するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 19】

前記第一のパターンを検出するための請求項 1 に記載の方法であって、  
前記第一の層の特徴をコントローラに送信するステップと、  
前記特徴に応答して信号処理のために使用されるアルゴリズムを調整するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 20】

請求項 3 に記載の方法であって、  
光学検出は、欠陥をモニターし、X および Y 検出補正システムの補正量を調整し、少なくとも 1 つの追加の照明光源と少なくとも 1 つの追加の検出器と信号処理ユニットを備える前記第一のパターンに関わる特徴を調整するための工程制御システムを備えることを特徴とする方法。 10

【請求項 21】

請求項 3 に記載の方法であって、  
前記光学検出は、  
書込み光線の光路から物理的に分離された光路を有する光源で前記第二の層を照明するステップと、  
前記第一のパターンによる前記反射光線の偏向を検出するステップと、 20  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 22】

請求項 21 に記載の方法であって、  
前記光学検出は、  
前記検出および書込み光線を検出して、前記反射および書込み光線の間の物理的関係の調整を可能にするステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 23】

基板上にパターンニングされた複数の層を動的に整合させる方法であって、  
第一の層の上に第一のパターンを形成するステップと、  
前記第一のパターンの上に第二の層を積層するステップと、 30  
前記第二の層を照明するステップと、  
前記第一のパターンからの反射を動的に検出し、第二のパターンを前記第一のパターンに位置合わせするステップと、  
前記第二の層の上に前記第二のパターンを形成するステップと、  
を含むことを特徴とする方法。

【請求項 24】

請求項 23 に記載の方法であって、  
さらに、層またはパターンの特徴に基づいて検出を最適化するために照明の波長または大きさを調整するステップを含むことを特徴とする方法。

【請求項 25】

請求項 23 に記載の方法であって、  
書込みヘッドが前記第二のパターンを形成し、  
書込みヘッドの特徴は前記動的検出に基づいて調整されることを特徴とする方法。 40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は一般に、基板上へのパターンの印刷に関し、より詳しくは、パターンを動的に位置合わせしながら、基板上に複数のパターンを印刷することに関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィが電子機器業界に導入されたのは、1950年代のことである。最初の集積回路は、フェアチャイルド・セミコンダクタおよびテキサス・インスツルメンツによって1960年に製造された。リソグラフィ工程は、バックプレーンとフロントプレーンの両方式による表示体の製造に使用される。過去10年間、リソグラフィ工程はDNA試験に必要な核酸構造のパターン化合成(patterned synthesis)等、精密パターニングの新たな分野に応用されてきた。

#### 【0003】

1990年に、M. リーガー(M. Rieger)他は、直接書込みリソグラフィ、つまりマスクレスリソグラフィの価値について説明した。マスクを不要とすることにより、加工コストの削減、加工歩留まりの改善、基板の大型化が可能になると広く一般に言われている。レーザパターニングと光変調を使って高解像度での選択的パターニングを実現できることも周知である。特許文献1(米国特許第5,521,748号、サラフ(Sarraf)他)には、レーザまたはレーザダイオードアレイとともに光変調器を用い、レーザからの光が、反射型または透過型のいずれかの光変調素子の行を有する光変調器上に結像されるようにする点が開示されている。光変調器(からの光信号)が感光材料の上に結像され、画像は感光材料上で1行ずつ走査される。制御回路が設けられ、光変調器と、平面形状あるいは円筒形ドラムの周上に巻きつけられた感光材料との間の相対的運動が制御される。

#### 【0004】

面積ベースのSLMは、1995年にモンク(Monk)(「投射型表示体用デジタルマイクロミラーデバイス」(The Digital Micro-mirror Device for Projection Display))により紹介された。H. クック(H. Kuck)は、1995年5月に、マスクレスリソグラフィシステムで使用するための使用面積に基づく空間光変調器、レーザ、光学機器、高精度運動システムを開示した。クックは、この方式を用いたサブミクロンの構造(feature)を生産する能力を論証したが、これを半導体業界に利用するためには、SLMを大型化し、精密なエア・ベアリング・モーションシステムを利用する必要があると指摘している。したがって、直接書込みシステムでレーザおよび空間光変調器を利用してマスクを不要にするという概念が明らかに有利であると思われる。

#### 【0005】

しかしながら、大型基板上でのマスクレスリソグラフィ工程を実際に可能にするためには、まだ対応しなければならない問題がある。レーザパターニングは、基板に熱エネルギーを加える。より大きな線形またはエリアアレイ変調を使えば、問題は大型マスクの製作から大型レンズアレイまたは大型変調アセンブリの製作へと移るだけである。製造コスト全体を削減するためには、適正な数のチャンネルでの変調を利用することが必要であろう。タスク時間の要求事項を満たすのに、それぞれ適正な数のチャンネルで、平行なアレイを使用する必要があるかもしれない。この用途では、大規模並列モデル、つまり大面積にわたってマスクを使用する工程から考え方を変える必要がある。このように考え方を変えると、時間と空間の問題に直面する。まず、パターニング工程に時間がかかる。フラッシュ露光より長い時間がかかることを考えると、基板とパターニング機構の寸法の安定性の問題、つまりは基板とパターニング用光線の間の寸法の問題をさらに問題として考えなければならない。2つ目の問題は、複数の空間光変調器または印刷ヘッドアセンブリの相互の空間的関係ならびにこれらのアセンブリと基板との空間的関係に関わる。

#### 【0006】

現在の製造工程は、Gen V IIIサイズのガラス基板上で行われる。業界では、これが基板サイズの限界である、ないしはそれに近いとの点で意見が一致している。このサイズより大きくしようとするならば、柔軟性のある支持体上へのパターニングと、おそらくウェブ(web:ロール材)ベースの工程による製造について議論しなければならない。

#### 【0007】

特許文献2(米国特許第6,251,550号、Ishikawa)は、面積露光(area exposure)システムを利用するマスクレスリソグラフィシステムを開示している。同発明者は、電子マスクとマイクロミラーデバイスとして使用されるそれぞれのLCDディスプレイに

について述べている。これは、マスクを横方向にシフトさせる従来の位置合わせのステップを電子的手段によって行うことができるという点で有利である。従来のようにXまたはYへとマスクをシフトさせることは、グローバル・アライメント・プロセスとして見ることができる。表示体業界がより大型基板と柔軟な支持体上への製造に移行するにつれ、加工中の基板上のパターンとパターニングチャネルの整合における局所的変化を動的に検出し、補償するための手段が必要となる。

【0008】

【特許文献1】米国特許第5, 521, 748号

【特許文献2】米国特許第6, 251, 550号

【発明の開示】

【課題を解決するための手段】

【0009】

要約すれば、本発明の1つの態様によると、基板上の複数のパターニング層を動的に整合させる方法は、基板上に第一の層を積層するステップと、第一の層の上に第一のパターンを印刷するステップと、第一のパターンの上に第二の層を積層するステップと、第二の層の上に第二のパターンを印刷するステップであって、第一のパターンを動的に検出して第二のパターンを第一のパターンに位置合わせしながら印刷するステップと、を含む。

【0010】

上記のような本発明の利点としては、複数の印刷ヘッドの調整が可能であり、熱により誘発される基板または印刷ヘッドの歪みによるような寸法変化、輸送中のロール材の跳ね上がりや曲がりによるもののような位置のシフト、あるいはパターニングモーションシステムの構造から生じるアップ誤差による基板に対する印刷ヘッドの見当ずれに追従することが可能である点が挙げられる。

【0011】

本発明によれば、書き込まれたスポットの位置の補正が基板画像平面のXY両方の寸法について変更され、これにより、1つのパターニング層とその後形成される層との整合性が改善される。

【0012】

本発明の別の態様によれば、システムは先に形成されたパターニング層に関する情報を利用して、印刷ヘッドと基板パターンの相対的位置を高速で正確に検出することができる。

【0013】

本発明のまた別の態様によれば、システムは、パターニングのエラーを認識でき、これを使って自動的に補正動作を促すことができる。

【0014】

本発明の他の態様によれば、このシステムはレーザ源と、レーザ源からの光を変調する手段と、変調されたレーザ光の位置を2つの寸法で変更し、書き込まれたスポットの位置を変更する手段を利用する。

【0015】

本発明のその他の態様によれば、このシステムは、高速検出システムを使ってデータを収集し、このデータおよび位置情報と基板コンテンツデータとを使い、システムは位置合わせ（アライメント）誤差を判断できる。

【0016】

本発明とその目的および利点は、以下に示す好ましい実施例の詳細な説明を読むことによってより明らかとなる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

本発明は、閉ループコントロールシステムであり、形成中の第二のパターンを第一のパターンと位置合わせする機能を果たす。この閉ループシステムは動的に動作し、つまり、パターン形成工程中に、またこの工程の一部として動作することを意味する。その結果、

位置合わせのための余分な諸経費が不要となる。

#### 【0018】

本発明とは、さまざまなパターン形成手段を両立させることができる。好ましい実施例は、図1に示すように、パターンニングされた第一の層を有する基板に反応性材料4を被覆する工程である。この第二の被覆層にパターンが形成される。このパターンを形成するための1つの手段は、レーザ・アブレーションによるものである。あるいは、パターンは、次のステップに関わる材料を改変することによっても形成できる。たとえば、ある材料を焼結し、第二の層の焼結されていない成分を洗い流すことができる。あるいは、ある材料を重合し、第二の層の重合されていない成分を洗い流してもよい。

#### 【0019】

さらに、加法的(additive)パターン形成方法も、本発明と両立できる。パターンニングしようとする第二の層を付着させるのではなく、パターンを直接付着させることができる。適当な加法的処理には、インクジェット、グラビア印刷、レーザ熱転写等がある。

#### 【0020】

最後に、各種のパターン形成方法を考慮する際、減法的技術(subtractive technique)と加法的技術との組み合わせも利用できる。パターンニングされた構造をたとえばインクジェットによって配置するのでは、用途上の要求事項が満たされない場合があるため、インクジェットでパターンニングし、その後アブレーションによってトリミングしてもよい。

#### 【0021】

この好ましい実施例の動作は、上記のパターン形成方法のいずれとも利用できる。システムの構成部品を以下に説明し、図1に示す。第二のパターン(図示せず)および第一のパターン20はどちらも、光のパターン2を基板3に付与するマルチチャネルレーザ印刷ヘッド1を使ったマスクレスリソグラフィ工程によって生成される。基板3は、支持体21と第一のパターン20とマルチチャネル印刷ヘッドからのパターンニング光の波長または波長範囲に感度のある反応性材料4からなる。

#### 【0022】

光のパターンは変調器10から発せられ、変調器10は変調器駆動電子装置9から駆動信号18を受信する。変調器駆動電子装置9は画像データバス5と呼ばれる電子装置から画像データ16を受け取る。

#### 【0023】

画像データ16は、第一のパターン20のそれと整合させて生成されるべき第二のパターンを表す。画像データバス5にはいくつかの機能がある。まず、変調器駆動電子装置9への画像データ16のゲーティング(ゲートによる制御)を行う。また、いつ、このデータを変調器駆動電子装置9にゲーティングすべきかを判断する役割も果たす。最後に、クロススキャン制御信号28を計算し、これをクロススキャン補正コントローラ12に送信する。画像データバス5は、位置合わせ(アラインメント:alignment)検出システム15によって検出された基板3の現在の領域(current region)14を監視する。現在の領域14とは、基板3の上の、まさにこれからパターンニングされようとしている領域と定義される。位置合わせ検出システム15は電気信号を捕捉し、この信号は、マルチチャネルレーザ印刷ヘッド1と基板3が相互に相対的に移動するときの表面の反射率の変化を示す。画像データバス5はまた、運動制御システム7により供給される運動制御システム現在位置26とペンディング(pending:待ち状態の)画像データ16を処理する。現在位置は対象領域(region of interest)の指標となり、スプリアスノイズを除去するためのイネーブル信号として使用できる。

#### 【0024】

対象領域に入ると、基板3の上の構造(feature)の検出によって同期信号がトリガされる。この情報に基づき、画像データバス5は変調器駆動電子装置9へのペンディング画像データ16のゲーティングを調整する。データのゲーティングの調整は、インスキャン(in-scan)コントロールと呼ばれる。クロススキャンコントロールは、このシステムでは、クロススキャンコントローラ12によって調整される。画像データバス5は、運動制御シ

10

20

30

40

50

システム現在位置 26 に関するペンディング画像データ 16 と現在領域 14 との間の位置ずれ(misalignment)を計算し、クロススキャン方向の位置ずれに対抗するために適用する必要のある補正を表すエラー信号を発生する。画像データバス 5 は、クロススキャン制御信号 28 をクロススキャンコントローラ 12 に送信する。

#### 【0025】

画像データバス 5 は、画像ファイルの中にあり、プロセス情報 8 を詳細に示す情報を有する。このプロセス情報 8 は、位置合わせ検出システムからの出力を解釈する上で非常に重要である。さらに、画像データバスはプロセス情報 8 を位置合わせ検出システムに送信し、基板 3 の上の特定の層または複数の層の組み合わせに関する検出工程を最適化するために、照明波長、大きさ、電子回路のゲインその他の調整を促すことができる。プロセス情報 8 には、基板 3 にすでに付着されている被覆材料の特徴等の情報や、その時点で位置合わせ検出システム 15 の視界内にあると予想される基板 3 の上の第一のパターン 20 に関する情報が含まれる。さらに、プロセス情報 8 には、複数の第一のパターンを相互に重ね合わせることによって形成される複雑なトポロジーに関する情報が含まれることもある。

10

#### 【0026】

変調器 10 は、マルチチャネルレーザ印刷ヘッド 1 から放出される光のパターン 2 を変更する役割を果たす。当業界ではさまざまな変調手段が知られている。一般に、これらを反射／回折型および透過型に分類することができ、例えば TIR と DMD デバイスがある。いずれの場合も、個々のチャネルの制御は、適当な変調器駆動電子装置を通じて行われる。

20

#### 【0027】

上記の比較工程は、空間的に間欠的な工程である。一般に、パターン中には処理に最も役立つ特定の領域群がある。これらはキャプチャウィンドウと呼ばれる。これらの領域は、製造中のデバイスの機能パターンでも、あるいは追加された位置合わせマークでもよい。これらの領域の位置は事前設定できる。事前設定される場合、その位置を特定するデータはプロセス情報 8 の中に埋め込まれる。画像データバス 5 が変調駆動ボード 9 に画像データ 16 を伝送すると、画像データバス 5 はシステムがキャプチャウィンドウに近づいている、あるいはキャプチャウィンドウの中にあることを示すプロセス情報 8 を認識する。この実施例の場合、画像データバス 5 はこの情報を使って比較工程をトリガする。あるいは、画像データバス 5 がプロセス情報 8 を認識すると、画像データバス 5 は位置合わせ検出システム 15 に信号を送信し、検出工程をトリガする。位置合わせ補正とは、クロススキャンまたはインスキャン方向への位置合わせのシフトを指す。インスキャン補正は、タイミング補正を通じて行われる。この特定の実施例において、クロススキャン補正は、クロススキャン制御信号 28 をクロススキャン補正コントローラ 12 に送信し、光学素子 13 を回転させて、回折のために印刷ヘッドから放出されるパターンがクロススキャン方向に既知の量だけずれるようにすることによって行われる。位置合わせ検出システム 15 は、光学素子 13 を通じて感知検出光線 58 を送信するので、光学素子 13 の運動が位置合わせ検出システム 15 の感知に影響を与えるようにする点に注意する。また、この特定の実施例において、インスキャン補正は、画像データバス 5 によるヘッドロードタイミングの変更を通じて行われる。

30

40

#### 【0028】

図 2 は、位置合わせ検出システム 15 の構成部品を示す。これらの構成部品は、第一のパターン 20 を有する基板 3 と、マスク 22 と、マスクパターン 23 と、光検出器 24 である。照明光源と検出用電子装置は図示されていない。基板 3 がマルチチャネルレーザ印刷ヘッド 1 を通過するか、あるいはマルチチャネルレーザ印刷ヘッド 1 が基板 3 を通過すると、基板 3 の上のパターンは、基板 3 の第一のパターン 20 がマスクパターン 23 にどれだけ適合するかに基づいて、検出器における信号の変調を行う。マスクパターン 23 の垂直スリットと斜めスリットを使用することにより、インスキャンおよびクロススキャン両方の位置ずれを検出できる。図 3 は、クロススキャン誤差がないシステムにおけるセン

50



サ領域 60 にマスクパターン 23 を有する第一のパターン画像 62 を重ね合わせたものを示す。

#### 【0029】

図 4, 5 は、このクロススキャン誤差がないシステムに関する位置合わせ検出力信号 11 の生成を示し、このシステムは基準システム(nominal case system)とも呼ばれる。図 4 において、第一のパターン画像 62 はマスクパターン 64 を完全に横切っており、センサ領域の下に示される波形は、位置合わせ検出信号 11 がピーク値まですでに上昇したことを示しており、これは時間 A とマークされる。図 5 に示されるように、第一のパターン画像 62 とマスクパターン 64 の間に相対的運動が起これば、位置合わせ検出力信号 15 に第二のピークが発生し、これは時間 B とマークされる。A と B の発生の間隔が、クロススキャン誤差を示す。これらの図から、クロススキャン誤差が 2 つの事象 A と B の間の移動距離という点で特徴付けられることが明らかであるはずである。

#### 【0030】

同様にして、図 6, 7 は、マイナス方向へのクロススキャン誤差を有するシステムに関する位置合わせ検出信号 11 の生成を示す。図 8, 9 は、プラス方向へのクロススキャン誤差があるシステムのための位置合わせ検出信号 11 の生成を示す。図 10 は、マイナス方向、基準型、プラス方向のクロススキャン誤差を有するシステムに関するタイミングの違いを示す。

#### 【0031】

簡素化した信号処理の詳細を図 11 に示す。この図は、画像データパス 5 により送信されるインスキャンおよびクロススキャン同期入力を示す。第三の入力は、位置合わせ（アラインメント）検出信号 11 である。位置合わせ検出信号 15 の第一の最大値 A の位置は、画像データパス 5 により生成されたインスキャン同期パルスの位置に関して測定される。これらの 2 つの点の間の位置の差がインスキャン誤差である。インスキャン同期パルスとクロススキャン同期パルスからの位置の差は、位置合わせ検出信号 11 の上の第一のパルスから第二のパルスに移動するのに必要な予想時間または距離を示す。これは、同期差分(synch delta)と呼ばれる。図 10 に示されるように、クロススキャン誤差が増大するにつれ、位置合わせ検出器の出力上の実際の第二の最大値に到達するのに必要な時間または距離は大きくなる。第一の最大値 A から第二の最大値 B までの経過時間または距離を捕捉したものは、実際の差分(actual delta)である。クロススキャン誤差信号は、同期差分と実際の差分との差である。本実施例において、レーザ光は 808 nm であり、モジュレータは TIR 透過型(TIR transmissive)デバイスである。

#### 【0032】

基板 3 に被覆される材料は、レジストとして機能させるもので、IR に対する感受性を有するレーザアブレーション(laser ablative)レジストである。チャンネルサイズは 5 ミクロンであり、製造可能な露光線の幅とギャップ（間隙）は 2 ミクロン程度である。UV で動作するシステムであれば、UV 源と回折変調器を利用し、より小さなチャンネルサイズおよび構造とすることができ、検出システムは、書込み光線の波長とは異なる波長でレーザ源から生成された検出光線を利用する。

#### 【0033】

以上、本実施例をマスクレスリソグラフィシステムの一部として説明した。しかしながら、そのとき現在と第一のパターンの間の位置ずれを検出し、これを動的に補償する能力は、パターンの精密位置合わせを必要とする他の多くの領域にも適用できる。

#### 【0034】

別の実施例において、位置合わせ検出システム 15 は、予想される画像領域との画像マッチングを実行する高速画像処理機能付カメラとすることができ、このようなシステムにおいて、検出用照明光は書込み光線のそれと実質的に異なる波長範囲の拡散照明である。高速画像処理機能付カメラは、回転を決定できる点で有利である。

#### 【0035】

検出システムのための書込み波長およびこれと異なる検出波長を通過させることに伴う

光学設計上の問題がある。808nmの書込み光およびこれと異なる波長の検出光を伝送する光学システムの設計に伴う光学的な問題への1つの対処方法は、書込み光路の外に検出用サブシステムを設置することである。この方法の欠点は、検出用光路が書込み光路から物理的に変位することである。2つの光路の間には、物理的な実装（設置:mounting）を精密に行う以外に直接的な関連はない。2つの光路を十分に関連付けるためには、2つの光路の間のシフトを定期的に補正する必要がある。さらに、検出システムは、光学素子による変化を検出し、定常誤差を低減する閉ループシステムの一部としては機能できない。2つのシステムを関連付ける1つの手段は、1つのチャンネルまたはマルチチャンネルレーザ印刷ヘッドによる追加チャンネルをポインタとして使用するものであり、このポインタは検出システムに対し、どこに書込み光線が向けられたかを指示する。検出システムは、ポインタを使って書込みシステムと検出システムの物理的関係を構築する。書込み光線と同じ波長の追加チャンネルは、この光線のエネルギーがパターニング閾値より低いかぎり使用できる。あるいは、検出システムを書込みシステムのそれに接続する工程は、基板の画像形成領域以外の領域において行う必要がある。しかしながら、パターニング波長以外の追加チャンネルが設けられていれば、カメラとマルチチャンネルレーザ印刷ヘッド1とは継続的に関連付けられていてもよい。異なる波長の使用により、パターニングアーチファクトの危険を回避できるが、光学的設計はより複雑となる。

### 【0036】

また別の実施例において、小さなスポットに合焦するコヒーレント照明光(coherent illumination)を利用する純粋なエッジ検出方式を用いることができる。このような装置は、オートフォーカスシステムにおいて一般的なものと同様である。このシステムの一例を図12に示す。デュアルハーフアパーチャ方式を利用する代表的なオートフォーカス検出システムは、反射面の高さに比例するアナログ信号を供給する。このシステムにおいて、レーザ源76は、ビームスプリッタ78を通じて基板3の表面に光を送る。基板3の表面から反射された光は、ビームスプリッタ78を通過し、続いてデュアルウェッジ76と光学装置72を通り、4分割(quad)光検出器70に衝突する。デュアルハーフアパーチャ焦点誤差検出方法は、焦点検出のための二分割光学アパーチャの両方を利用することにより、異なる信号を創出する。二分割光学アパーチャの各々は、片側で高く、片側で低く回折させるデュアルウェッジ(dual wedges :二連くさび)74を通じて光検出器70の上側と下側のいずれかのバイセル(bi-cell : 2つのセル)に送られる。基板が最良の焦点位置の中に入り、あるいはその位置から出ると、光検出器70を形成する2つのバイセル上に形成されるスポットは、同じ方向および反対の方向に変化する。各バイセルの2つの相対する側からの信号を合算することで、ハーフアパーチャ方式の信号の2倍の信号が生成される。バイセルのもう一方の2つの相対する側それぞれの合計同士の差をとることにより、すべてのセルからの信号に乗る共通ノイズがすべて取り除かれる。その結果、焦点に関する正確な誤差信号をより密接に表す、より明確な信号が得られる。差信号は一般に、一貫性を持たせるために正規化される。このようなシステムの設計は、米国特許第5,406,541号(ケイ)に記載されている。このような検出信号は、図13に示すとおりである。図12に示されるオートフォーカスシステムのセンサの個々の強度をモニターし、エッジが光を散乱させたことを示す変化が生じていないか確認することもできる。図14は、エッジを通過したことに反応して生成される信号を示す。本実施例では、小さなスポットが基板上で高さが変化する部分を横切ったときに明瞭なパルスが生成される。これは、エッジ検出システムとして有効に機能する。さらに別の実施例においては、干渉計を使って、干渉計を備えるマルチチャンネルレーザ印刷ヘッド1がパターニングされた層の表面に沿って走査される間にトポロジーの変化を検出することができる。このシステムを図15に示す。このシステムにおいて、可干渉光は、レーザ源29からパターニングされた層に向けられる。照明光の一部は、ビームスプリッタ31を通して基板3に衝突する。残りの照明光はミラー30へと偏向される。ミラー30と基板3の両方からの反射光は、センサ32向けられる。センサ32は、この統合された光エネルギーを受け取り、干渉パターンを作り出す。この干渉パターンは、一般に光検出器またはCCDであるセンサ32によ

10

20

30

40

50

て検出される。

#### 【0037】

また別の実施例において、光干渉断層装置（OCT）または低コヒーレンス干渉計を一種の干渉計として表面トポロジーの検出に用いる。基本的なシステムの概略を図16に示す。光干渉断層装置（OCT）では、干渉計のための低コヒーレンス光源34はコヒーレンス長が短い。低コヒーレンス光源としては、たとえばスーパーluminescentダイオード、フェムト秒のオーダーというきわめて短いパルスレーザー、白色光源がある。このシステムは2つのアームを備え、サンプルアーム54には基板3が含まれる。第二のアームは参照アーム56で、これには参照ミラー40が含まれる。低コヒーレンス光源34からの光は、コリメートレンズ36によって平行にされ、ビームスプリッター38によって2つのアームに向けられる。反射された光線はビームスプリッター38で統合され、ビームリデューサ44の作用を受け、光検出器52に衝突する。光検出器52は基板3の表面トポロジーに直接関係する2つの光線の干渉の結果として変化する信号を検出する。干渉は、参照アームの中のミラー42が特定の軸位置にあるときにのみ発生する。走査ミラー46は、対物レンズ48を通じて基板を走査する。参照アームミラーの位置を慎重に監視すれば、ミラーの軸位置が特定の表面の変化（対象領域内）を示したときに信号を発生することができる。

10

#### 【0038】

かすめ入射干渉計もまた、表面トポグラフィの検出に使用できる。図17は、レーザー源からホログラフィック回折格子61に衝突し、略等しい強度の2つの光線を作るレーザー光を示している。一次光線は、低い角度でゼロ次光線から分離される。一次光線は、基板3を浅い角度でかすめて通り、光の一部は反射し、回折する。第二のホログラフィック回折格子63で参照光線と統合する光は、基板3からの起伏パターン（レリーフ・パターン：relief pattern）の画像を含む干渉パターンを形成する。センサ／ビデオカメラ65がこのパターンを検出できる。

20

#### 【0039】

また別の実施例において、本発明は適応制御の分野に適している。パターンはその形成直後に検出できるため、システムは2つの検出器を利用できる。つまり、1つはパターンポイントの位置特定に用い、もう1つは形成されたパターンを点検する。第二の検出システムからのデータを保存し、これを使って、次の検出工程を改善することができる。また、第一のセンサと補正システムにより供給される補正量をより適切に調整するためにも使用できる。さらに、工程間検査にも使用できる。

30

#### 【0040】

さらに別の実施例において、画像データパス5によって利用される制御アルゴリズムは、インスキャコントロールとクロススキャンコントロール信号28の変化率を制限する。このような変化率制限制御アルゴリズムはしばしば、サーボループと呼ばれる。こうした制御信号の変更率制限を使えば、不要なパターンニングアーチファクトを防止できる。

#### 【0041】

他の実施例において、画像データパスにより使用される制御アルゴリズムは、インスキャンクロススキャン制御信号28の変化率を制限しない。この種の制御は、急激な再同期が好ましい場合に適当である。

40

#### 【0042】

また別の実施例において、使用される制御アルゴリズムは、変化率制限型または非制限型のいずれか、あるいはその組み合わせとすることができる。画像データパス5は、プロセス情報8を使って適応制御アルゴリズムを決定する。

#### 【0043】

さらに別の実施例において、基板はインコヒーレント光源によって照明され、基板の画像を検出器に投射させることができる。基板上の層間に十分なコントラストがあれば、層の形状構造を画像内で区別できる。検出器はエリアアレイ、ラインセンサまたはシングルセンサとすることができる。

50

## 【図面の簡単な説明】

## 【0044】

【図1】本発明による印刷システムの概略図である。

【図2】位置合わせ検出システムの構成要素を示す概略斜視図である。

【図3】第一のパターン画像とマスクパターンとの重ね合わせを示す図である。

【図4】第一のパターン画像がマスクパターンの垂直部分を横切るときの、基準ケース(nominal case)に関する第一のパターン画像とマスクパターンの重ね合わせを示す図である。

【図5】第一のパターン画像がマスクパターンの斜めの部分を横切るときの、基準ケースに関する第一のパターン画像とマスクパターンの重ね合わせを示す図である。

10

【図6】第一のパターン画像がマスクパターンの垂直部分を横切るときの、マイナス方向のクロススキャン誤差(negative cross-scan error)のケースに関する第一のパターン画像とマスクパターンの重ね合わせを示す図である。

【図7】第一のパターン画像がマスクパターンの斜めの部分を横切るときの、マイナス方向のクロススキャン誤差のケースに関する第一のパターン画像とマスクパターンの重ね合わせを示す図である。

【図8】第一のパターン画像がマスクパターンの垂直部分を横切るときの、プラス方向のクロススキャン誤差(positive cross-scan error)のケースに関する第一のパターン画像とマスクパターンの重ね合わせを示す図である。

【図9】第一のパターン画像がマスクパターンの斜めの部分を横切るときの、プラス方向のクロススキャン誤差のケースに関する第一のパターン画像とマスクパターンの重ね合わせを示す図である。

20

【図10】クロススキャンオフセットの変化に対応する位置合わせ検出出力信号の例を示す図である。

【図11】簡素化された信号処理の詳細を示す図である。

【図12】デュアルスプリットハーフアパーチャオートフォーカスシステムのブロック図である。

【図13】一般的なオートフォーカスフィードバック信号を示す図である。

【図14】エッジに応答するオートフォーカスフィードバック信号の図である。

【図15】干渉計のブロック図、つまり概略図である。

30

【図16】光干渉断層システムのブロック図、つまり概略図である。

【図17】かすめ入射干渉計の概略図である。

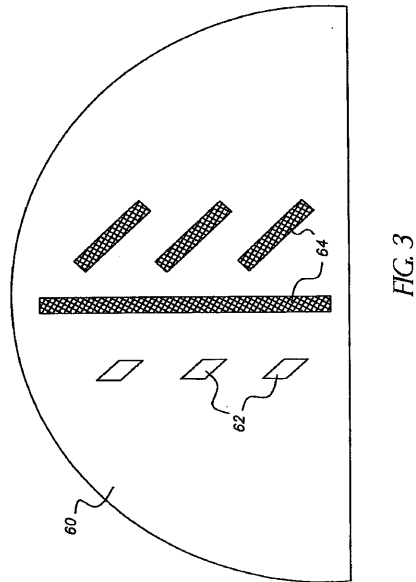
## 【符号の説明】

## 【0045】

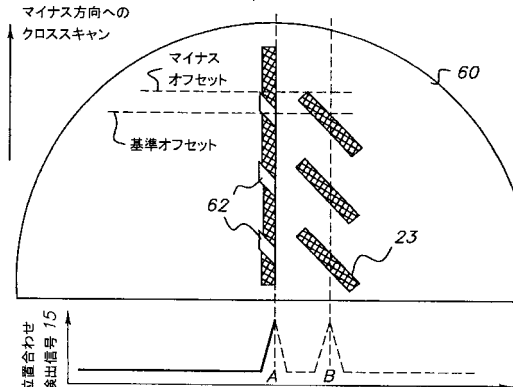
1 マルチチャネルレーザ印刷ヘッド、2 光のパターン、3 基板、4 反応性材料、5 画像データバス、7 運動制御システム、8 プロセス情報、9 変調器駆動電子装置、10 変調器、11 位置合わせ検出出力信号、12 クロススキャン補正コントローラ、13 光学素子、14 当該領域、15 位置合わせ検出システム、16 画像データ、18 駆動信号、20 第一のパターン、21 支持体、22 マスク、23 マスクパターン、24 光検出器、26 運動制御システム現在位置、28 クロススキャン制御信号、29 レーザ源、30 ミラー、31 ビームスプリッタ、32 センサ、34 低コヒーレンス光源、36 コリメートレンズ、38 ビームスプリッタ、40 参照ミラー、42 軸走査方向、44 ビームリデューサ、46 走査ミラー、48 対物レンズ、50 光干渉断層装置(OCT)プロセッサ、52 光検出器、54 サンプルアーム、56 参照アーム、58 感知検出光線、60 センサ領域、61 第一のホログラフィック回折格子、62 第一のパターン画像、63 第二のホログラフィック回折格子、64 マスクパターン、65 ビデオカメラ、70 光検出器、72 光学装置、74 デュアルウェッジ、76 レーザ源、78 ビームスプリッタ。

40

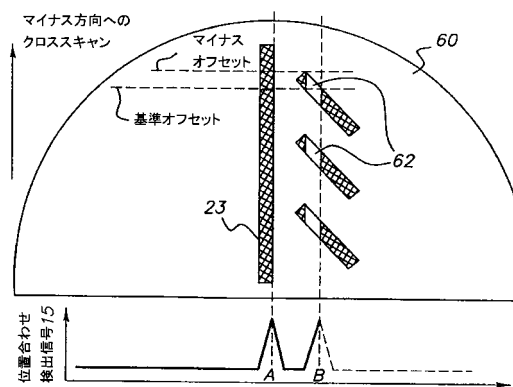
【 図 3 】



【図 6】

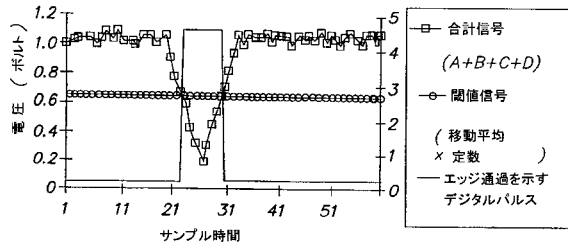


【图 7】

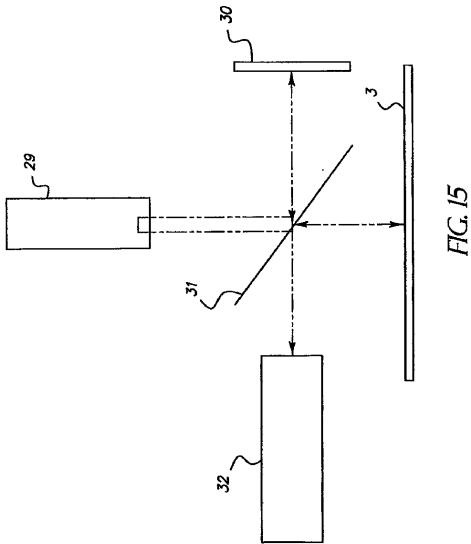




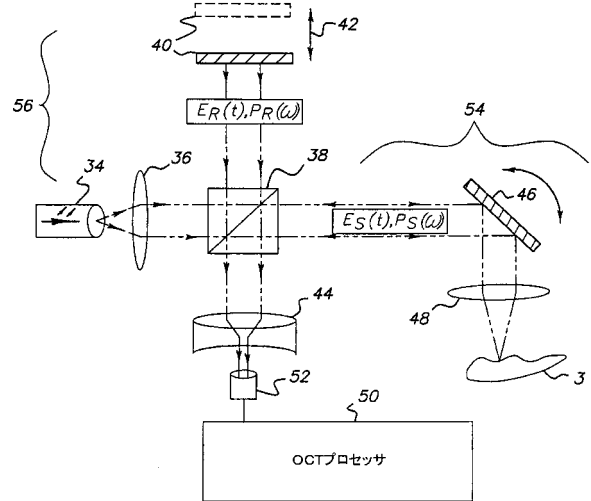
【図 14】



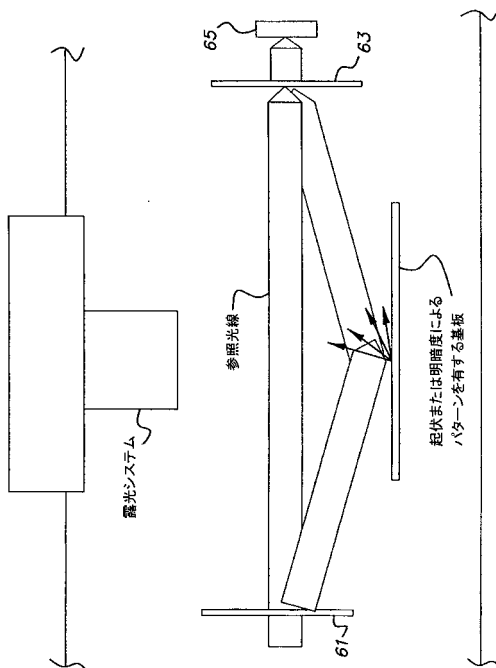
【図 15】



【図 16】



【図 17】



## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2007/006707

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**  
INV. G03F7/20

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G03F H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, INSPEC, COMPENDEX

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                               | Relevant to claim No.                        |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| X         | US 2006/033902 A1 (LATYPOV AZAT M [US] ET AL) 16 February 2006 (2006-02-16)<br><br>abstract<br>paragraphs [0035], [0044], [0045] | 1-3, 12,<br>13, 15,<br>16, 18,<br>19, 23, 25 |
| A         | JP 07 283110 A (NIPPON KOGAKU KK) 27 October 1995 (1995-10-27)<br>abstract; figures 1-5                                          | 1-25                                         |
| A         | EP 1 482 373 A (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 1 December 2004 (2004-12-01)<br>abstract<br>claim 1<br>paragraphs [0034], [0035]       | 1-25                                         |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

31 July 2007

Date of mailing of the international search report

13/08/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Menck, Alexander



**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2007/006707

| Patent document<br>cited in search report |    | Publication<br>date | Patent family<br>member(s) | Publication<br>date |
|-------------------------------------------|----|---------------------|----------------------------|---------------------|
| US 2006033902                             | A1 | 16-02-2006          | JP 2006054471 A            | 23-02-2006          |
| JP 7283110                                | A  | 27-10-1995          | NONE                       |                     |
| EP 1482373                                | A  | 01-12-2004          | CN 1573576 A               | 02-02-2005          |
|                                           |    |                     | JP 2004363590 A            | 24-12-2004          |
|                                           |    |                     | KR 20040103423 A           | 08-12-2004          |
|                                           |    |                     | KR 20060100322 A           | 20-09-2006          |
|                                           |    |                     | US 2005007572 A1           | 13-01-2005          |

フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 トレドウェル ティモシー ジョン

アメリカ合衆国 ニューヨーク フェアポート カウンティ クラレ クレセント 79

(72)発明者 カフネィ ロバート ハワード

アメリカ合衆国 ニューヨーク ハネオイ フォールズ ストーンフィールド プレイス 21

(72)発明者 ストープス ジェムス トーマス

アメリカ合衆国 ニューヨーク ウォルワース スミス ヒル ロード 2274

(72)発明者 コブ ジョシュア モンロー

アメリカ合衆国 ニューヨーク ビクター チェリー ストリート 6704

Fターム(参考) 5F046 CB18 EB01 ED05 FA01 FA05 FA11 FC04