

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4854765号
(P4854765)

(45) 発行日 平成24年1月18日(2012.1.18)

(24) 登録日 平成23年11月4日(2011.11.4)

(51) Int.Cl. F I
 HO 1 L 21/027 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 1 9
 GO 3 F 7/20 (2006.01) HO 1 L 21/30 5 2 9
 GO 3 F 7/20 5 0 5

請求項の数 8 外国語出願 (全 22 頁)

(21) 出願番号	特願2009-139843 (P2009-139843)	(73) 特許権者	504151804
(22) 出願日	平成21年6月11日(2009.6.11)		エーエスエムエル ネザーランズ ビー、 ブイ、 オランダ国 ヴェルトホーフエン 550 4 ディー アール、デ ラン 6501
(62) 分割の表示	特願2005-335740 (P2005-335740) の分割	(74) 代理人	100105924 弁理士 森下 賢樹
原出願日	平成17年11月21日(2005.11.21)	(72) 発明者	ピーター ヴィレム ヘルマン デ イェ ガー オランダ国、ロッテルダム、ヴュイテンバ ッシンヴェク 142
(65) 公開番号	特開2009-260362 (P2009-260362A)		
(43) 公開日	平成21年11月5日(2009.11.5)		
審査請求日	平成21年6月11日(2009.6.11)		
(31) 優先権主張番号	10/994, 185		
(32) 優先日	平成16年11月22日(2004.11.22)		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
		審査官	佐野 浩樹

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 リソグラフィ装置及びデバイス製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

リソグラフィ装置であって、

複数のパターン化された放射線ビームを提供する個々に制御可能な素子のアレイと、

前記パターン化されたビームの個々の1つを基板の上に投影する複数の投影システムであり、レンズのアレイ内の各レンズが前記個々のパターン化されたビームの一部を前記基板上の個々の目標領域に導くように配置された各々レンズのアレイを備えた投影システムと、

前記個々のパターン化されたビームが所定の走査方向に前記基板にわたって走査されるように、前記基板と前記投影システムとの間に相対的移動を生じさせる移動システムとを備え、

種々の投影システム・グループのレンズのアレイ内のレンズが前記パターン化されたビームの種々のパターン化されたビームの一部を走査方向に整列された前記基板の個々の目標領域の異なる1つへ導くように、前記投影システムは投影システムのグループとして配置され、

前記基板及び前記投影システムが相互に対して移動されるときに、前記投影システム・グループの各々が前記基板の個々の領域にわたって前記パターン化されたビームの個々の1つを走査するように、前記投影システム・グループは走査方向に離間して配置され、かつ

走査方向に相互に隣接する前記投影システム・グループの個々の投影システム・グルー

プからの前記パターン化されたビームの個々のパターン化されたビームによって走査される前記個々の領域は走査方向に連続し、

前記走査方向に連続する領域間の境界は、前記基板を横断する方向に沿って走査方向におけるその位置を変え、前記境界の走査方向における位置が変化する幅は、前記投影システムのグループの各々の走査方向の長さであり、

前記投影システムのグループは、 $(L + 1) / N$ の間隔で走査方向に分配された前記投影システムのN個のグループであり、Lは基板の長さであり、1は前記投影システムのグループの各々の走査方向の長さであるリソグラフィ装置。

【請求項2】

前記境界が鋸歯形状を有する請求項1に記載のリソグラフィ装置。

10

【請求項3】

前記移動システムは前記基板の移動を生じさせ、かつ前記投影システムは静止している請求項1または2に記載の装置。

【請求項4】

前記レンズのアレイの各々は、前記基板の表面上のトラックを露光する前記パターン化されたビームの光点を投影し、かつ前記レンズのアレイの1つによって露光されたトラックは連続している請求項1から3のいずれかに記載の装置。

【請求項5】

デバイス製造方法であって、

個々に制御可能な素子のアレイを用いて複数のパターン化されたビームを提供する工程と、

20

前記パターン化されたビームを基板の上に投影する工程と、

前記パターン化されたビームが所定の走査方向で前記基板にわたって走査されるように、前記パターン化されたビームに対して前記基板を移動する工程と、

レンズのアレイ内の各レンズが個々のパターン化されたビームの個々の一部を前記基板上の個々の目標領域に導くように配置されたレンズのアレイを用いて、前記基板の方に前記パターン化されたビームを導く工程と、

前記投影システム・グループの種々の投影システム・グループのレンズのアレイ内のレンズの各々が前記パターン化されたビームの種々のパターン化されたビームの一部を走査方向に整列された前記基板の種々の領域へ導くように、前記投影システムをグループで配置する工程と、

30

前記基板及び前記投影システムが相互に対して移動されるときに前記前記投影システム・グループの各々が前記基板の前記領域にわたって前記パターン化されたビームを走査するように、前記投影システム・グループを走査方向に離間させる工程とを含み、

走査方向に相互に隣接する前記投影システムからの前記パターン化されたビームによって走査される前記個々の領域は走査方向に連続し、

前記走査方向に連続する領域間の境界は、前記基板を横断する方向に沿って走査方向におけるその位置を変え、前記境界の走査方向における位置が変化する幅は、前記投影システムのグループの各々の走査方向の長さであり、

前記投影システムのグループは、 $(L + 1) / N$ の間隔で走査方向に分配された前記投影システムのN個のグループであり、Lは基板の長さであり、1は前記投影システムのグループの各々の走査方向の長さである、デバイス製造方法。

40

【請求項6】

前記境界が鋸歯形状を有する請求項5に記載のデバイス製造方法。

【請求項7】

前記基板を移動する工程と、前記投影システムを静止させる工程とをさらに含む請求項5または6に記載の方法。

【請求項8】

前記レンズのアレイの各々を用いて前記パターン化されたビームの光点を投影して、前記基板の表面上の連続するトラックの個々のトラックを露光する工程をさらに含む請求項

50

5 から 7 のいずれかに記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、リソグラフィ装置及びデバイス製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

リソグラフィ装置は、基板の目的部分上に所望のパターンを付与する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路（IC）、フラット・パネル・ディスプレイ及び微細構造を伴う他のデバイスの製造に使用することができる。従来のリソグラフィ装置では、マスク又はレチクルとも呼ばれるパターン化手段を用いてこのIC（又は他のデバイス）の個々の層に対応する回路パターンを作製することができ、このパターンを、放射線感応材料（レジスト）の層を有する基板（例えば、シリコン・ウエハ又はガラス板）上の目標部分（例えば、1つ又はいくつかのダイの一部を含む）に結像することができる。マスクの代わりに、このパターン化手段は、回路パターンを作製するために役立つ個々に制御可能な素子のアレイを含み得る。

10

【0003】

一般的に、単一の基板は順に露光される隣接した目的部分の回路網を含む。既知のリソグラフィ装置には、全パターンをこの目標部分の上に一度に露出することによって各目標部分を照射するステッパと、このパターンを投影ビームによって所与の方向（「走査」方向）に走査することによって各目標部分を照射するとともにこの基板をこの方向に平行又は逆平行に同期的に走査するスキャナがある。

20

【0004】

パターンが個々に制御可能な素子によってビームに付与されるリソグラフィ装置が知られている。（レチクルとも呼ばれる）予備成形したマスクに依存してビームにパターンを付与するのではなく、制御信号が制御可能な素子のアレイに運ばれてビームをパターン化する制御可能な素子の状態が制御される。このパターン化が必要なパターンをビームに付与するのにマスクではなく個々に制御可能な素子に依存すると考えると、これは一般に「マスクレス」と呼ばれる。マスクレス・リソグラフィ装置は、比較的大きな面積の基板、例えば、フラット・パネル・ディスプレイとして使用される基板を露光するのに用いられ得る。このパネルは、各々が個々に制御可能な素子のアレイを組み込んだそれ自身のパターン化システムを備えた投影システムのアレイの下を1回だけ通過させることで露光される。基板は投影システムに対して移動するので、投影されるパターンを変えるように制御可能な素子のアレイ内の個々の素子の状態を変える必要がある。一般に更新速度と呼ばれる個々の素子の状態を変えることのできる速度は制限され、このことは基板を投影システムに対して移動することのできる最大速度に上限を課すことになる。移動速度は装置の最大処理量を決定するので、移動速度を増大することができるのが望ましい。

30

【0005】

基板走査方向の画素の1つのトラックの露光専用の投影システムの数を増大させることによって、基板の移動速度を増大させることが可能である。例えば、走査方向に2つの投影システムが連続して配置されている場合、基板移動速度は2倍になり得る。そのような配置を用いれば、走査方向の隣接する画素の対の各々を2つの投影システムの各々の1つによって露光することができる。

40

【0006】

基板移動速度は投影システムのさらなる列を加えることによって、さらに改善され得る。投影システムが3列になると最大速度は3倍になり、投影システムが4列になると最大速度は4倍になる。しかし、適した速度制御を維持し、かつ基板走査の前後に必要な基板の加速及び減速を達成するという点では、基板速度を増大させるということは速度の増大と共にそれ自身の問題をもたらす。

【0007】

50

さらに、余分な投影システムの列を追加すれば、完全な走査を達成するために基板が移動すべき全体の距離が長くなる。例えば、基板の（走査方向に対して垂直である）全幅を露光することのできる投影システムの列は、典型的には走査方向における深さが約100mmであり、したがって、投影システムが1列で、基板の走査方向の長さが2mであると仮定すれば、2.1mの走査範囲が必要となる。投影システムの第2の列を追加すれば、走査範囲は2.2mなどに増大する。

【0008】

しかし、付加的な投影システムの列を加えることは、適した処理量の増大にはならない。これは露光されるべき総面積も大きくなるので、投影システムを1つ加えることでその投影システムの面積によって総面積が増大するからである。また、投影システムの列を追加すれば、装置の物理的設置面積も大きくなる。

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

したがって、必要とされているのは、マスクレス・リソグラフィ・システムにおける処理量を増大させるシステム及び方法である。

【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明のある実施例によれば、照明システム、個々に制御可能な素子のアレイ、投影システム、及び移動システムを備えたリソグラフィ装置が提供される。照明システムは複数の放射線ビームを供給する。個々に制御可能な素子のアレイは各ビームの断面にパターンを与える。投影システムはパターン化されたビームを基板上に投影する。移動システムはビームが基板にわたって所望の走査方向で走査されるように、基板と投影システムとの間で相対的移動を生じさせる。各投影システムはアレイ内の各レンズが基板上の目的領域に向けて個々のビームの個々の部分を導くように配置されたレンズのアレイを備える。投影システムは異なるグループのアレイ内のレンズが走査方向に整列された基板上の異なる目的領域に異なるビームの部分を導くように、グループで配置される。投影システムのグループは、基板及び投影システムが相互に対して移動されるときに各グループが基板の個々の領域を横断してビームを走査するように走査方向に離間されている。相互に隣接しているグループからのビームによって走査される個々の領域は連続している。

20

30

【0011】

本発明の別の実施例によれば、次の工程を含むデバイス製造方法が提供される。照明システムを用いて放射線ビームを提供する工程。個々に制御可能な素子のアレイを用いて各ビームの断面にパターンを与える工程。パターン化されたビームを基板上に投影する工程。ビームが所定の走査方向に基板を横断して走査されるように、パターン化されたビームに対して基板を移動する工程。各ビームはアレイ内の各レンズが個々のビームの個々の部分を基板上の個々の目的領域に導くように配置されたレンズの個々のアレイによって基板の方に導かれる。投影システムは異なるグループのアレイ内のレンズが走査方向に整列された基板上の異なる目的領域に異なるビームの部分を向けるように、グループで配置されている。グループは、基板及び投影システムが相互に対して移動されるときに各グループが基板の個々の領域を横断してビームを走査するように走査方向に離間されている。相互に隣接しているグループからのビームによって走査される個々の領域は連続している。

40

【0012】

一実施例では、基板移動速度を増大させずかつ走査範囲を少なくしてリソグラフィ装置の処理量を増大させることが可能である。これは走査方向の基板の実質的に連続する区間が投影装置の異なるアレイによって露光されることによって達成され得る。

【0013】

上記のように、走査方向の深さが100mmの単一の投影装置のアレイを用いて長さ2mの基板を露光するためには、2.1mの走査長が必要となる。第2の投影装置のアレイを加えるだけで、走査範囲は2.2mに増大するであろう。対照的に、本発明の一実施

50

例では、1 mの間隔で離間された第2の投影装置のアレイによって、僅か1.05 mの走査範囲を用いて全体で2 mの長さの基板を露光することが可能となる。

【0014】

別の実施例では、3列以上の投影パターンが提供され得る。例えば、3列の投影パターンは走査方向に等しく離間され得るであろう。別の場合には、4列の投影パターンが、等しく離間されるか、又は走査方向に離間された2つのグループの2列を2つのグループにした状態かのいずれかで提供され得るであろう。その結果、高速の基板移動を必要とせずに、比較的小型の装置が非常に高い処理量を達成することができる。

【0015】

一実施例では、各グループはグループが L/N の間隔で離間された状態で基板の略矩形の領域を露光するように配置され得る。ここで、 L は露光される基板の長さであり、 N はグループの数である。別の場合には、連続する領域の各々は略矩形の主要部分及び該主要部分から走査方向に伸びる少なくとも1つの端部部分を有し得、この連続する領域の端部部分は一方の端部区間の歯が連続する端部区間に重なった鋸歯状である。この端部区間は投影システムの各グループの走査方向の長さに等しい走査方向の長さを有し得る。このような配置を用いて、投影システムの N 個のグループは $(L+1)/N$ の間隔で走査方向に分配され得る。ここで、 l は1つのグループの走査方向の長さである。

【0016】

一実施例では、基板は静止した投影システムに対して移動される。各レンズ・アレイは、基板の表面上のトラックを露光することのできる光点を投影することができ、このトラックは基板の（走査方向に対して垂直である）全長が1回の通過で露光されるように、連続した1つのアレイによって露光される。

【0017】

本発明の種々の実施例の構造及び動作と共に、本発明のさらなる実施例、特徴、及び利点を添付の図面を参照して以下に詳細に説明する。

【0018】

ここに組み入れかつ本願明細書の一部を構成する添付図面は、この発明を例示し、その説明と共にこの発明の原理を説明しかつ当業者にこの発明を利用できるようにするのにさらに役立つ。

【0019】

ここで、この発明を添付図面を参照して説明する。それらの図面では、同様の参照番号は同じか又は機能的に類似の要素を示し得る。

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一実施例のリソグラフィ装置を示す略図である。

【図2】本発明の種々の実施例による、各々基板の上に放射線の光点を投影するように配置されたレンズのアレイを組み込んだリソグラフィ投影装置の構成要素を示す断面図である。

【図3】本発明の種々の実施例による、各々基板の上に放射線の光点を投影するように配置されたレンズのアレイを組み込んだリソグラフィ投影装置の構成要素を示す断面図である。

【図4】本発明の種々の実施例による、レンズ・アレイによって投影された放射線の光点の配列を示す略図である。

【図5】本発明の種々の実施例による、レンズ・アレイによって投影された放射線の光点の配列を示す略図である。

【図6】本発明の一実施例による、各々図2及び3に示したような構成要素を含んだ光学カラムのアレイの下で基板を1回の通過で露光する装置を示す略図である。

【図7】本発明の一実施例による、図6に示した光学カラムの各々によって照射され得る基板の種々の領域を示す略図である。

【図8】本発明の一実施例による、図6の装置を用いて基板上に露光されることが望まれ

10

20

30

40

50

得るパターンを示す略図である。

【図 9】本発明の一実施例による、図 6 に示したタイプ各々の光学カラムの 2 つのアレイの位置を示す略図である。

【図 10】本発明の一実施例による、図 9 の装置を用いて基板全体を露光する走査範囲を示す略図である。

【図 11】光学カラムのグループが走査方向に離間された光学カラムの 2 つのグループを組み入れた本発明の一実施例を示す略図である。

【図 12】本発明の一実施例による、図 11 の装置を用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を示す略図である。

【図 13】本発明の一実施例による、並列にされた光学カラムの 3 つのグループを用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を示す略図である。

10

【図 14】本発明の一実施例による、3 つのグループが走査方向に離間された光学カラムの 3 つのグループを用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を示す略図である。

【図 15】本発明の一実施例による、光学カラムの 4 つのグループを用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を示す略図である。

【図 16】本発明の一実施例による、走査方向に離間された 2 つの対として配置された光学カラムの 4 つのグループが設けられた装置を用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を示す略図である。

【図 17】本発明の一実施例による、隣接する投影システムによって露光される基板の領域間の鋸歯状の境界を示す略図である。

20

【図 18】本発明の一実施例による、図 17 に示した境界を採用した状態を示す略図である。

【図 19】本発明の一実施例による、図 17 に示した境界を採用した状態を示す略図である。

【発明を実施するための形態】

【0021】

概要および用語

この本文では、集積回路 (IC) の製造でリソグラフィ装置を使用することを具体的に参照するかもしれないが、本明細書に記載するリソグラフィ装置は、集積光学システム、磁区メモリ用誘導検出パターン、フラット・パネル・ディスプレイ、薄膜磁気ヘッド、ミクロ及びマクロ流体素子等の製造などの他の用途があるかもしれないことを理解すべきである。当業者は、そのような代替的用途の関係で、本願明細書で使う「ウエハ」又は「ダイ」という用語のどれも、それぞれより一般的な用語である「基板」又は「目的部分」と同義であると考えられ得ることがわかるであろう。ここで言及する基板は、露出の前又は後に、例えば、トラック (典型的には基板にレジストの層を付け、かつ露出したレジストを現像する器具)、若しくは計測器具又は検査器具で処理してもよい。該当すれば、この開示をそのような及び他の基板処理器具に適用してよい。さらに、この基板を、例えば、多層 IC を作製するために、2 回以上処理することができるので、本願明細書で使う基板という用語は既に多重処理した層を含む基板も指すことがあり得る。

30

【0022】

本願明細書で使用する「個々に制御可能な素子のアレイ」という用語は、入射する放射線ビームの断面をパターン化し、それによって所望のパターンを基板のターゲット部分に生成するように使用可能な任意の機器を意味するものとして広く解釈されたい。この文脈では、「光バルブ」及び「空間光変調器 (SLM)」という用語を使用することもできる。このようなパターン化機器の実施例については以下で考察する。

40

【0023】

プログラム可能なミラー・アレイは、粘弾性制御層及び反射表面を有するマトリックス・アドレス指定可能な表面を備えることができる。このような装置の基礎を成す基本原理は、例えば反射表面のアドレス指定領域が入射光を回折光として反射する一方で、非アドレス指定領域は入射光を非回折光として反射することにある。適切な空間フィルタを使用

50

することにより、非回折光を反射ビームからフィルタ除去し、基板に到達する回折光のみを残すことができる。このようにして、マトリックス・アドレス指定可能な表面のアドレス指定パターンに従ってビームがパターン化される。

【 0 0 2 4 】

フィルタは、代替的には、回折光をフィルタ除去して、基板に到達する非回折光を残すことができることが理解されよう。回折光学微細電気機械システム (MEMS) 機器のアレイを、相応する方法で使用することもできる。回折光学MEMS機器の各々は、相互に対して変形され得る複数の反射型リボンを備え、入射光を回折光として反射する回折格子を形成することができる。

【 0 0 2 5 】

さらなる代替の実施例はマトリックス配列の極めて微小なミラーを使用したプログラム可能ミラー・アレイを備えることができる。この微小ミラーの各々は適切な局部電界を印加することによって、又は圧電駆動手段を使用することによって、1つの軸線の周囲に個々に傾斜させることができる。ここでも、ミラーはマトリックス・アドレス指定可能であるので、アドレス指定されたミラーは入射する放射線ビームを異なる方向でアドレス指定されていないミラーに反射する。このようにして、反射ビームはマトリックス・アドレス指定可能ミラーのアドレス指定パターンに従ってパターン化される。必要となるマトリックス・アドレス指定は適した電子手段を使用して実行され得る。

【 0 0 2 6 】

上に記載のいずれの状況においても、個々に制御可能な素子のアレイは、1つ又は複数のプログラム可能なミラー・アレイを備えることができる。ここで言及したミラー・アレイに関する詳細な情報については、例えば、参照によりその全体を本明細書に援用する米国特許第5296891号及び米国特許第5523193号、並びに国際特許出願第WO98/38597号及びWO98/33096号から調べることができる。

【 0 0 2 7 】

プログラム可能LCDアレイを使用することもできる。参照によりその全体を本明細書に援用する米国特許第5229872号には、このような構造の実施例の1つが記載されている。

【 0 0 2 8 】

フィーチャの事前バイアス、光学近似補正フィーチャ、位相変化技術、及び多重露光技術を使用する場合、例えば、個々に制御可能な素子のアレイ上に「表示される」パターンは、基板の層又は基板上に最終的に転写されるパターンとは実質的に異なってもよいことを理解されたい。同様に、基板上に最終的に生成されるパターンは、個々に制御可能な素子のアレイ上に任意の瞬間に形成されるパターンに対応している必要はない。これは、例えば、基板の個々の部分に最終的に形成されるパターンが所与の時間周期若しくは所与の露光回数で積み上げられ、その間に個々に制御可能な素子のアレイ上のパターン及び/又は基板の相対的位置が変化する配置の場合であり得る。

【 0 0 2 9 】

本願明細書においては、リソグラフィ装置のIC製造の際の使用について特に言及しているが、本願明細書において記載のリソグラフィ装置は、例えばDNAチップ、MEMS、MOEMS、集積光学システム、磁気領域メモリのための誘導及び検出パターン、フラット・パネル・ディスプレイ、薄膜磁気ヘッド等の製造などの他の用途を有することができることを理解されたい。当業者であれば、このような代替的用途の文脈においては、本願明細書の「ウエハ」又は「ダイ」という用語の使用はすべて、それぞれより一般的な「基板」又は「目的部分」という用語の同義語とみなされ得ることが理解されよう。本願明細書で言及した基板は、例えば、トラック(典型的には、基板にレジスト層を塗布し、また露光済みのレジストを現像するツール)或いは計測ツール又は検査ツール中で、露光前又は露光後に処理することができる。適用可能である場合、本願明細書における開示はこのような基板処理ツール及び他の基板処理ツールに適用することができる。さらに、基板は、例えば多層ICを生成するために複数回にわたって処理することができるので、本願

10

20

30

40

50

明細書で使用している基板という用語は処理済みの複数の層が既に含まれている基板を指す場合もあり得る。

【0030】

本願明細書で使用する「放射線」及び「ビーム」という用語は、紫外(UV)放射線(例えば、波長が365nm、248nm、193nm、157nm、又は126nmの放射線)、極端紫外(EUV)放射線(例えば、波長の範囲が5~20nmの放射線)、及びイオン・ビーム又は電子ビームなどの粒子線を含むあらゆるタイプの電磁放射線を包含する。

【0031】

本願明細書に使用する「投影システム」という用語は、例えば使用する露光放射線に適するか或いは液浸液の使用又は真空の使用などの他の要因に適した屈折光学系、反射光学系及び反射屈折光学系を含む種々のタイプの投影システムを包含するものとして広く解釈されたい。本願明細書における「レンズ」という用語の使用はすべて、より一般的な「投影システム」という用語の同義語とみなすことができる。

【0032】

また、照明システムは、放射線の投影ビームを導くか、成形するか、又は制御するための屈折光学コンポーネント、反射光学コンポーネント、及び反射屈折光学コンポーネントを含む種々のタイプの光学コンポーネントも包含することができ、このようなコンポーネントについても、集合的又は個々に「レンズ」とも呼ぶこともあり得る。

【0033】

リソグラフィ装置は、2つ(例えばデュアル・ステージ)又はそれ以上の基板テーブル(及び/又は複数のマスク・テーブル)を有するタイプの装置であってもよく、このような「マルチ・ステージ」機械装置の場合、付加的なテーブルを並列して使用することができるか、或いは1つ又は複数のテーブルを露光のために使用している間に、1つ又は複数の他のテーブルに対して予備工程を実行することもできる。

【0034】

リソグラフィ装置は、基板が比較的屈折率の大きい液体中(例えば水中)に浸漬され、それによって投影システムの最終要素と基板との間の空間が充填されるタイプの装置であってもよい。リソグラフィ装置内の他の空間、例えばマスクと投影システムの第1の要素との間を液浸液で満たすこともできる。当該分野においては、液浸技術は投影システムの開口数を増やすことでよく知られている。

【0035】

さらに、リソグラフィ装置には、流体と基板の照射部分との間の相互作用を可能にする(例えば、基板に化学薬品を選択的に添加するか、又は基板の表面構造を選択的に修正する)ように、流体処理セルを備えることができる。

【0036】

リソグラフィ投影装置

図1は本発明の一実施例によるリソグラフィ投影装置100を概略的に示している。装置100は、少なくとも放射線システム102、個々に制御可能な素子のアレイ104、物体テーブル106(例えば、基板テーブル)、及び投影システム(「レンズ」)108を含む。

【0037】

放射線システム102は、放射線(例えば、UV放射線)のビーム110を供給するために使うことができ、この特定の場合では、放射線源112も含む。

【0038】

個々に制御可能な素子のアレイ104(例えば、プログラム可能なミラー・アレイ)は、ビーム110にパターンを付与するために用いることができる。一般に、個々に制御可能な素子のアレイ104の位置は、投影システム108に対して固定され得る。しかし、代替的構成では、個々に制御可能な素子のアレイ104を投影システム108に対して正確に位置決めする位置決め装置(図示せず)に結合されてよい。ここに図示するように、

10

20

30

40

50

個々に制御可能な素子のアレイ 104 は、反射型である（例えば、個々に制御可能な素子の反射性のアレイを有する）。

【0039】

物体テーブル 106 は、基板 114（例えば、レジストを塗布したシリコン・ウエハ又はガラス基板）を保持する基板ホルダ（具体的には示さず）を備えることができ、物体テーブル 106 を投影システム 108 に対して正確に基板 114 を位置決めする位置決め装置 116 に結合され得る。

【0040】

投影システム 108（例えば、石英及び/又は CaF₂ レンズ・システム、又はそのような材料で作製されたレンズ素子を含む反射屈折性システム、又はミラー・システム）は、10 10
 ビーム・スプリッタ 118 から受けとったパターン化されたビームを基板 114 の目標部分 120（例えば、1つ又は複数のダイ）上へ投影するために使用され得る。投影システム 108 は、個々に制御可能な素子のアレイ 104 の像を基板 114 上に投影し得る。別の場合には、投影システム 108 は、個々に制御可能な素子のアレイ 104 の素子がシャッタとして働く二次の源の像を投影し得る。投影システム 108 は、二次の源を作りかつマイクロスポットを基板 114 上に投影するために、マイクロレンズ・アレイ（MLA）も含み得る。

【0041】

線源 112（例えば、エキシマ・レーザ）は、放射線のビーム 122 を作ることができる。このビーム 122 を直接か、又は、例えば、ビーム拡大器などの調節装置 126 を通 20
 じた後で、照明システム（照明器）124 の中へ送る。この照明器 124 は、ビーム 122 の強度分布の外側及び/又は内側半径方向範囲（通常、それぞれ、外側及び/又は内側と呼ぶ）を設定する調整装置 128 を含み得る。さらに、照明システム 124 は、一般に、積分器 130 及びコンデンサ 132 などの種々の他の構成要素を含む。このようにして、個々に制御可能な素子のアレイ 104 に入射するビーム 110 は、所望の均一性及び強度分布をその断面に有する。

【0042】

図 1 に関して、（線源 112 が、例えば、水銀灯である場合によくあるが）線源 112 はこのリソグラフィ投影装置 100 のハウジング内であってよい。代替的实施例では、線源 112 がこのリソグラフィ投影装置 100 から離れていてよい。この場合、放射線ビーム 122 はこの装置 100 に（例えば、適当な指向ミラーを用い）導き入れられるであろう。この後者のシナリオは線源 112 がエキシマ・レーザである場合によくある。このようなシナリオの両方が本発明の範囲内に包含されることが意図されることを理解されたい。

【0043】

次に、ビーム 110 はビーム・スプリッタ 118 を用いて導いた後に個々に制御可能な素子のアレイ 104 と交差する。個々に制御可能な素子のアレイ 104 によって反射後、ビーム 110 は投影システム 108 を通過し、該システムがこのビーム 110 を基板 114 の目標部分 120 上に集束する。

【0044】

位置決め装置 116（及び任意には、ビーム・スプリッタ 140 を介して干渉ビーム 138 を受けとるベース・プレート 136 上の干渉計測定装置 134）を用いて、種々の目標部分 120 をビーム 110 の経路内に位置決めするように、基板テーブル 6 を正確に動かすことができる。位置決め装置を用いる場合、個々に制御可能な素子のアレイ 104 用の位置決め装置を用いて、例えば走査中に、ビーム 110 の経路に関して、個々に制御可能な素子のアレイ 104 の位置を正確に補正することができる。一般に、物体テーブル 106 の移動は、図 1 にはっきりは示さないが、長ストローク・モジュール（粗位置決め）及び短ストローク・モジュール（精密位置決め）を使って実現される。同様のシステムを用いて個々に制御可能な素子のアレイ 104 を位置決めすることもできる。別の場合/それに加えて投影ビーム 110 は可動であり得るが、物体テーブル 106 及び/又は個々に 50

制御可能な素子のアレイ 104 は所要の相対運動をもたらすように固定位置を有し得ることが理解されよう。

【0045】

この実施例の代替的構成では、基板テーブル 106 が固定で、基板 114 がこの基板テーブル 106 の上を可動であり得る。これを行う場合、基板テーブル 106 に平坦な最上面に多数の孔を設け、この孔にガスを送って基板 114 を支持することのできるガス・クッションが得られる。これは、通常空気軸受装置と呼ばれる。ビーム 110 の経路に対して基板 114 を正確に位置決めすることができる 1 つ又は複数のアクチュエータ（図示せず）を用いて、基板 114 が基板テーブル 106 の上で移動される。別の場合には、これらの孔を通るガスの通路を選択的に開放及び閉止することによって基板 114 は基板テーブル 106 の上で移動され得る。

10

【0046】

本願明細書では本発明のリソグラフィ装置 100 を基板上のレジストを露出するためのものとして説明するが、本発明はこの用途に限定されるものではなく、本装置 100 を用いてレジストレス・リソグラフィで使うためのパターン化されたビーム 110 を投影することができることが理解されよう。

【0047】

図示する装置 100 は、4 つの好適なモードで使用することができる。

【0048】

1. ステップ・モード：個々に制御可能な素子のアレイ 104 上のパターン全体を目標部分 120 上に 1 回で（即ち、単一の「フラッシュ」で）投影する。次に、基板テーブル 106 を x 及び/又は y 方向に異なる位置へ移動して異なる目標部分 120 をパターン化されたビーム 110 で照射されるようにする。

20

【0049】

2. 走査モード：与えられた目標部分 120 を単一の「フラッシュ」で露光しないことを除いて、ステップ・モードと実質的に同じである。代わりに、個々に制御可能な素子のアレイ 104 が所与の方向（いわゆる「走査方向」、例えば、y 方向）に速度 v で可動であるので、パターン化されたビーム 110 にこの個々に制御可能な素子のアレイ 104 の上を走査させられる。同時に、基板テーブル 106 が同じ方向又は反対方向に速度 $V = Mv$ で移動される。ここで M は投影システム 108 の倍率である。このようにして、比較的大きい目標部分 120 を解像度に関して妥協する必要なく露光することができる。

30

【0050】

3. パルスモード：個々に制御可能な素子のアレイ 104 を実質的に静止状態に保ち、パルス化された放射線システム 102 を用いてパターン全体を基板 114 の目標部分 120 上に投影する。基板テーブル 106 を実質的に定速度で移動させてパターン化されたビーム 110 に基板 106 を横切る線を走査させるようにする。個々に制御可能な素子のアレイ 104 上のパターンが放射線システム 102 のパルス間で必要に応じて更新され、このパルスは連続する目標部分 120 を基板 114 上の必要な場所で露光するように時間が決められる。したがって、パターン化されたビーム 110 は、基板 114 のストリップに対して完全なパターンを露光するために基板 114 を横断して走査することができる。基板 114 全体を 1 行ずつ露光するまでこの工程が繰り返される。

40

【0051】

4. 連続走査モード：実質的に一定の放射線システム 102 を使い、個々に制御可能な素子のアレイ 104 上のパターンをパターン化されたビーム 110 が基板 114 を横切って走査し、かつそれを露光するときに更新する場合を除き、実質的にパルスモードと同じである。

【0052】

上に説明した使用モードの組合せ及び/又は変形又は全く異なった使用モードも用いることができる。

【0053】

50

図 2 及び 3 は本発明の種々の実施例による各々基板上に放射線の光点を投影するように配置されたレンズのアレイを組み入れたリソグラフィ投影装置の構成要素を示している。

【 0 0 5 4 】

ここで、図 2 を参照すると、図示の装置はコントラスト装置 1 を備えており、その裏面は二次元アレイの要素 2 を支持している。アレイ内の各要素 2 は放射線の吸収器又は反射器のいずれかとして働くように制御され得る。ビーム・スプリッタ 3 がコントラスト装置 1 の下側に位置決めされている。照明源 4 が放射線ビーム 5 をビーム・スプリッタ 3 の方へ導く。放射線ビーム 5 はコントラスト装置 1 の下面へ反射される。コントラスト装置 1 の要素 2 の 1 つが、ビーム・スプリッタ 3 及びレンズ 6、7、及び 8 によって定められた投影光学を介してビーム 5 の成分を再反射している状態を示している。一番下のレンズ 8 は実質的にテレセントリックなビームを生成する対物レンズであり、このビームはマイクロレンズ・アレイ 9 の方へ導かれる。マイクロレンズ・アレイ 9 は二次元アレイの小さなレンズを備えており、その各々はそこに入射する光を基板 10 の上面の上に集束させる。したがって、ミラーとして働くコントラスト装置 1 内の要素 2 の各々について、マイクロレンズ・アレイ 9 内のレンズの個々のレンズ 1 つが照射され、個々の光点はマイクロレンズ・アレイ 9 内のそのレンズによって基板 10 の上面の上に投影される。

【 0 0 5 5 】

図 3 を参照すると、これは図 2 に示した構成要素の代替図である。図 3 では、基板 10 がマイクロレンズ・アレイ 9 の下で基板テーブル 11 の上に支持されているのが示されている。投影光学は単純な矩形 12 で示している。図 2 のコントラスト装置 1 の 3 つのコントラスト要素 2 は投影光学 12 の上に示している。この実施例では、基板テーブル 11 はマイクロレンズ・アレイ 9 の下で矢印 13 の方向に線形的に移動される。代替的配置では、基板 10 は静止したテーブル 11 の上で線形的に移動されてよい。

【 0 0 5 6 】

図 4 及び 5 は本発明の種々の実施例によるレンズ・アレイによって投影された放射の光点の配列を示している。

【 0 0 5 7 】

図 4 を参照すると、この図は図 2 のマイクロレンズ・アレイ 9 内の個々のレンズの配置と図 3 の基板テーブル 11 の移動の方向との関係を例示している。また、移動の方向は矢印 13 で図 4 に示されている。その方向はさらなる線 15 の方に傾斜した線 14 と平行であり、マイクロレンズ・アレイ 9 内のレンズの列に平行に延びている。各レンズは光点の矩形のアレイの異なる 1 つの上に光を投影し、光点 1 つの参照番号 16 で示している。このレンズは方向 13 に僅かに傾いた規則的な二次元アレイで配置されているので、図示のように基板 10 の表面全体はコントラスト装置 1 の個々の要素 2 によって個々のレンズへ運ばれる照射ビームを適切に制御することにより露光され得る。各レンズは基板 10 の表面上に実質的に実線を「書き込む」ことができ、基板移動の方向に対してレンズが配置されていると仮定すると、その線は重なり合うように共に十分に近接する。

【 0 0 5 8 】

一実施例では、基板 10 の選択された二次元領域を露光するために、基板 10 はマイクロレンズ・アレイ 9 の下側に進められ、露光される領域が常に位置決めされる真下の個々のレンズは、コントラスト装置 1 の関連する要素 2 を反射させることによって照射される。

【 0 0 5 9 】

図 4 では、マイクロレンズ・アレイ 9 の個々のレンズによって書き込まれ得る実線が、矢印 13 で表した走査方向に対して垂直方向にかなりの範囲まで重なっている。一実施例では、そのような重なり合いは必要ではなく、基板の表面領域全体は、走査方向に対して垂直方向に隣接する投影された光点が単に接触するが重なり合わないような配置を用いて露光されてよい。所与の領域を露光するのに必要な光点の総数を最小にするこのような配置は、大抵の場合、生産速度が個々の光点 16 の強度が変えられ得る速度によって制限される場合に望ましい。

10

20

30

40

50

【0060】

一実施例では、個々の光点は略円形であるが、正方形である画素を露光するのに用いられる場合、隣接する光点間のいくつかの重なり合いが必要になる。ここで図5を参照すると、4つの光点17、18、19、及び20の配列は、光点の各々によって書き込まれる実線がちょうど接触するが、重なり合わないよう配置されている。光点17～20は間隔P及び直径dを有する。走査方向は4つの光点17～20が位置している間の線で示している。したがって、光点17及び20は走査方向に対して横断方向に延在するレンズの列内の隣接するレンズによって投影されるが、光点17及び18はマイクロレンズ・アレイ9のレンズのある行の隣接するレンズ8によって投影される。この行は小さな角度で走査方向に傾斜している。光点17及び20は各光点の距離dの6倍に等しい距離だけ分離されている。このため、基板10を完全に露光するために、マイクロレンズ・アレイ9の各行は7枚のレンズを有する。

10

【0061】

図5は略図であり、実際の装置の大きさを表したものではないことを理解されたい。例えば、マイクロレンズ・アレイ9は典型的には、約150 μm のレンズ間隔Pを有し、レンズの各々は約1.25 μm に等しい直径dの光点（例えば、光点17）を投影するであろう。この光点の直径dは典型的には、隣接するトラック間の重なり合いを制限するように画素のトラック幅より大きいであろうが、説明のために、光点の直径dは画素のトラック幅に等しいものと仮定する。このような寸法が適用されると仮定すると、マイクロレンズ・アレイ9は走査方向に対して横断方向に延在する共通の列において隣接する光点間（例えば、図5の光点17と20との間）の基板10の全幅を確実に範囲にするように走査方向に離間された120列のレンズを有する。

20

【0062】

一実施例では、基板10にて適した分解能（スポット・サイズ）を達成するために、適した開口数が用いられる。例えば、これは約0.15であってよい。マイクロレンズ・アレイ9（図3を参照）と基板10との間隔が約500 μm である場合、マイクロレンズ・アレイ9内のレンズの間隔Pは少なくとも約150 μm になる。作動距離が例えば約1000 μm の場合、レンズの間隔Pはより大きく、例えば約300 μm でなければならない。間隔Pが150 μm であれば、光点の直径dが基板10にて約1.25 μm になる120枚のレンズが必要になる。レンズのアレイは走査方向に約18000（120 \times 150）の寸法を有する。間隔Pが約300 μm の場合、走査方向に対して横断方向に延在する240列のレンズを用いて、各列の隣接するレンズ間の約300 μm の空隙が完全に網羅される。このため、レンズの列数はその間隔のように2倍になるので、マイクロレンズ・アレイ9の走査方向の長さは4倍になって約72000 μm （300 \times 240）になる。

30

【0063】

マイクロレンズ・アレイ9内のすべてのレンズが走査方向に対して横断方向に延在する1列に配置されている場合、基板10の全長を露光するには、光点の列の走査方向寸法に相当する非常に僅かな距離をその全長に加えた分だけ基板10を移動する必要がある。基板10の全幅を露光するのに必要なレンズの列数を考えると、最小の走査方向はマイクロレンズ・アレイ9の走査方向の寸法の関数である。

40

【0064】

また、レンズの個々のアレイの「フットプリント」は比較的制限されるが（例えば、作動距離が500 μm 、間隔が150 μm 、及び光点の直径が1.25 μm の場合、18000 μm である）、レンズ及びレンズ・アレイ自身の上の他の構成要素、例えば図2の構成要素6、7、及び8が存在すると仮定すると、実際、レンズ・アレイが一部を形成する光学カラムのフットプリントはアレイ自身のフットプリントよりも大きくなる。

【0065】

図6は基板が光学カラムのアレイの下を1回通過することで基板を露光する装置を概略的に示しており、光学カラムの各々は本発明の一実施例による図2及び3に示したような構成要素を備えている。この実施例は空間がさらに必要なことを示している。基板22は

50

6本の光学カラム25のアレイの下で矢印23で示した方向に基板テーブル21にわたって移動される。各光学カラム25はカラム25のフットプリント全体を表す円形の周縁部を有した状態で示しており、その周縁部内には、基板22がカラム25の下を進められるときの実際の光学カラム25の光学的フットプリントに相当する陰付きの領域が存在する。説明のために図6に示している光学カラム25は6本だけであるが、実際、例えば、基板テーブル21にわたって配置された25本の光学カラム25が存在する場合があつてよいことを理解されたい。

【0066】

図7は本発明の一実施例による図6に示した光学カラムの各々によって照射され得る基板の種々の領域を概略的に示している。光学カラム25の光学的フットプリントは6本の光学カラム25が共に基板22の全幅を露光するように連続的になっている。破線は隣接する光学カラム25の光学的フットプリントの間の境界を表している。したがって、各光学カラム25は破線28の個々の対の間に延在する個々のトラック27を露光し、このトラック27は基板22の隣接する両端29の実線で示した境界間の基板22の全幅をカバーする。

【0067】

各トラック27内では、基板22の表面は、基板22の走査中にその各々が露光されてよいか又は露光されなくてよい一続きの画素から成り立っているとみなされ得る。

【0068】

図8は本発明の一実施例による図6の装置を用いて基板の上に露光することが望まれ得るパターンを概略的に示している。画素の列30は陰付きの別の画素を有した状態で示されている。画素の列30の各々は光学カラム25の1つの単一のレンズによって横断されるトラックに相当する。例えば、画素31は完全に露光され（「白」）、画素32は放射線を一切受けず（「黒」）、画素33は完全に露光される（「白」）。個々に制御可能なコントラスト要素2（図2及び3）がその状態を変えることのできる周波数は、基板22の上に投影されるパターン化されたビームが変えられ得る速度を決定する。これは基板22が光学カラム25を越えて運ばれ得るときの速度の限界を設定する。基板22が非常に高速に移動している場合、コントラスト要素2は個々の画素に適した露光を届けるのに十分なほど早く状態をスイッチングすることはできない。例えば、更新が50kHz（個々のコントラスト要素2の状態が1秒毎にスイッチングされ得る回数）で画素寸法が約1.25 μm であると仮定すると、基板22が移動され得る最高速度は約62500 $\mu\text{m}/\text{秒}$ である。このことから各画素は基板22が搬送される速度に比して非常に短い持続時間の間露光されるので、各露光は基板22が大きくは移動されない期間にわたって所与の画素に運ばれると推定される。

【0069】

別の実施例では、コントラスト装置1が約25kHzのときに限り更新され得る場合、個々のコントラスト装置は特定の画素トラック30内の隣接する画素間のようにその状態を十分に早く変えるほどには更新され得ないので、1つの光学エンジンは特定のトラック30内の交互の画素を露光できるだけである。したがって、基板22の走査速度を約31250 $\mu\text{m}/\text{秒}$ にまで低減しなければならないか、又は交互になった配置を作らなければならないかのいずれかである。

【0070】

図9は各々本発明の一実施例の図6に示したタイプの光学カラム25の2つのアレイの位置を概略的に示している。この実施例では、光学カラム25の2つのアレイ24は各々、図6に示した単一のアレイ24と実質的に同一である。各アレイ24は交互の画素の列の露光に割り当てられるので、例えば図8では、一方のアレイは画素31及び33の露光を担う一方、他方のアレイは画素31及び33に隣接する画素32以外に画素32及びその2つの画素の露光を担うであろう。この実施例では、基板22の全表面を露光するのに必要な総走査範囲は、光学カラム・アレイ24の1つの基板走査方向の長さによって増大される。

10

20

30

40

50

【0071】

作動距離が約500 μm 及び間隔が約150 μm の一実施例では、走査方向のマイクロレンズ・アレイの寸法は約18000 μm になろう。この実施例では、マイクロレンズ・アレイ9以外の光学構成要素を収容するには、図6及び9に示したように隣接する光学カラム25を走査方向にずらす必要がある。その結果、各光学カラム25は走査方向の比較的大きな距離、例えば、約100000 μm を占めることができる。したがって、図6に示した配置及び走査方向の寸法が約2mの基板22を用いれば、基板全体を露光するのに必要な総走査範囲は約2.1mとなろう。図9に示した配置を用いれば、総走査範囲は2.2mとなろう。したがって、付加的な各光学カラム・アレイ24を用いれば、さらに0.1mが走査範囲に加えられる。

10

【0072】

この実施例では、基板テーブルの寸法及び装置の全体的なフットプリントが増大され得る。寸法を大きくすれば、走査範囲にわたって安定した工程条件を維持するという点で、コストは上昇し、困難さは増大する。いくつかの場合には、光学カラムのさらなるアレイを加えることだけでは、既存の装置を改良して走査範囲の増大に対応することは不可能かもしれない。

【0073】

図10は本発明の一実施例の図9の装置を用いて基板34全体を露光するための走査範囲を概略的に示している。この実施例は光学エンジン36、37のさらなるアレイを加えて必要な走査範囲を増大させる効果を示している。この実施例では、基板34は矢印35で示した長さLを有し、各々矢印38及び39で示した長さlを有する光学カラム36及び37の2つのアレイが設けられている。基板34は図10の上半分に示した位置から図10の下半分に示した位置まで移動されなければならない。したがって、総移動はL+2lになる。基板34が光学カラムの単一のアレイ、例えばアレイ36の下に移動するだけでよい場合、基板34が移動されなければならない距離はL+1となろう。このため、基板34が移動され得る速度を2倍にするには、走査範囲をL+1からL+2lに増大させる必要がある。したがって、光学カラムの数を2倍にしかつ基板34の移動速度を2倍にすることによって、処理量は2倍にならない。

20

【0074】

図11は光学カラム36、37の2つのグループを組み入れた本発明の一実施例を概略的に示しており、光学カラム36、37のグループは走査方向に離間されている。光学カラム36及び37のこの2つのアレイは基板34を露光するために設けられており、光学カラム36及び37の各々は、略矩形の2つの領域が連続している基板34の略矩形の個々の領域を露光する。

30

【0075】

図12は本発明の一実施例による基板全体を露光するために基板34が移動しなければならない総走査範囲を示している。また、矢印35は基板34の長さLを示し、矢印38及び39は光学カラム36及び37のアレイの走査方向の長さを示している。図12の上半分は走査開始時の基板34を示しており、図12の下半分は走査終了時の基板34を示している。基板34の略矩形領域の各々を光学カラム36、37のアレイの一方の下に移動するために、基板34は矢印40で示した距離だけ、即ち(L+2l)/2に等しい距離だけ移動されることを理解されたい。したがって、図9の配置に比して、移動距離が半分になるように、基板移動の速度は半分になる。

40

【0076】

一実施例では、パターンを付与するコントラスト装置の更新速度が12.5kHz、画素サイズが約1.25 μm 、基板の走査方向の長さが約1m、及び光学カラム・アレイの走査方向の長さが約100000 μm であると仮定すると、基板が図9に示した構造を越えて移動され得る最高速度は(1000000+10000)/(1.25×12500)=約70.4秒となろう。図9に示したように光学カラムの第2の列を加えた場合、基板を走査するのにかかる時間は(1000000+200000)/(2×1.25×1

50

2500) = 約38.4秒となる。

【0077】

38.4秒で全体を走査するには、全露光工程にわたって定速度を取る基板の速度は0.03125m/秒となる。

【0078】

対照的に、図11に示したように配置された光学カラム36、37の2つのアレイを用いる場合、基板全体を露光するのにかかる時間は、約38.4秒に等しい(50000 + 10000) / 1.25 × 12500となる。したがって、1回の走査にかかる時間は図9の場合と全く同じである。しかし、基板速度が半分になるように、走査工程中の基板34の総移動は半分になる。

10

【0079】

図13は本発明の一実施例による並置された光学カラムの3つのグループを用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を概略的に示している。光学カラム41、42、及び43の3つのアレイは基板44を露光するように配置されており、総走査範囲を寸法45で示している。

【0080】

図14は本発明の一実施例により光学カラムの3つのグループを用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を概略的に示しており、3つのグループは走査方向に離間されている。

【0081】

図13では、光学カラム・アレイ41は基板44の長さに沿って3つ毎に画素を露光するが、図14では、光学カラム41は基板44の左の第3番目を占める略矩形の領域の画素の各々を露光する。したがって、図14において走査継続時間を同じにするには、基板走査速度及び基板移動は図3と比較して因数3で割られる。

20

【0082】

図12及び14に示した実施例では、光学カラムの個々のアレイはL/Nに等しい間隔で走査範囲の長さに沿って等しく離間されている。ここでLは露光される基板の長さでありNは光学カラムのグループの数である。しかし、光学カラムのアレイのグループを走査方向に沿って配置させることが可能である。

【0083】

図15は本発明の一実施例により光学カラムの4つのグループを用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を概略的に示している。この実施例では、4つの光学カラム・アレイは、基板50を走査することができるよう相互に隣接して配置されている。図15の上半分は、その先端がちょうど光学カラム・アレイ46に達するときの基板50を示し、下半分は基板50の後端が光学カラム・アレイ49の終端をちょうど出るときを示している。

30

【0084】

図16は本発明の一実施例による走査方向に離間された2対で配置された光学カラムの4つのグループが設けられた装置を用いて基板全体を露光するのに必要な走査範囲を概略的に示している。図16では図15とは対照的に、光学カラム・アレイ46、47、48、及び49は2対で配置されており、図16の上半分は走査直前の基板50を示し、図16の下半分は走査直後の基板50を示している。

40

【0085】

一方図16では、矢印51で示した走査範囲は基板50の走査方向の長さ全体に光学カラム・アレイの各々の走査方向の長さを4倍したものを加えたものに等しいが、図16では矢印52で示した走査範囲は図15の走査範囲51の長さの半分に等しい。また、所与の処理量のためには、図16に示した場合では走査範囲及び速度は、図15に示した場合に比して半分になる。

【0086】

図12、14、及び16は光学カラムの離間されたグループの各々が基板上の一続きの

50

連続する略矩形の領域の個々の1つを露光することを仮定しており、連続する領域は、図4に示したレンズ・アレイなどの先端及び後端に対して平行に延びる直線によって定められた相互の境界を有している。このような配置を用いて、略矩形領域の各々が走査方向の矩形の長さに見合った光学カラム・グループの幅を加えたものに等しい距離だけ、光学カラムに対して移動される。光学カラムの隣接するグループによって露光される隣接した連続する領域間の境界が鋸波形状を有する代替的な方法が可能である。これは図4に概略的に示しかつ図17に関して以下にさらに記載するように光学カラム内のレンズの分布によって可能である。

【0087】

図17は本発明の一実施例による隣接する投影システムによって露光される基板の領域間の鋸歯状の境界を示している。基板の一部が図4に概略的に示したようなものであるが図4に示したものよりも多くのレンズを有するレンズのアレイの下を矢印53の方向に搬送されていると仮定すると、線54はアレイの左上隅のレンズのトラックを示し、線55はアレイの右下隅のレンズのトラックを示している。線56はアレイの左下レンズの走査方向の位置を示し、線57はアレイの右上レンズの走査方向の位置を示している。影付きの領域55は光学カラムの1つのグループによって露光される基板のある領域を示しており、影の付いていない領域59は光学カラムの隣接するグループによって露光される基板のある領域を示している。この2つの領域間の境界は鋸歯形状である。したがって、光学カラムの隣接するグループによって露光される領域は走査方向に重なり合い、各領域は主要な略矩形の領域及び鋸歯のエッジを有する端部部分を有し、この端部部分は投影システムの各グループの走査方向の長さに等しい長さを有する。

【0088】

図18及び19は本発明の実施例による図17に示した境界を採用したものを示している。これによって特定の処理量を達成するのに必要な所望の数の光学カラムのグループを得ることができる。

【0089】

図18は図11及び12に相当し、光学カラムの2つのグループを用いて基板の略矩形の個々の領域が露光される。図18では、光学カラム・グループ60を用いてグループ60の左側から延びる略矩形の影付きの領域61が露光され、光学カラム・グループ62を用いてグループ60の左側からグループ62の左側に延びる略矩形の影付き領域63が露光される。

【0090】

図19は図17に関して説明した例を示しており、走査方向に延在する基板のある区間が光学カラム・グループ60及び62の両方によって露光される。光学カラム・グループ60を用いてグループ60の下の基板領域64の一部及びグループ60の左側に延びる基板領域65が露光される。光学カラム・グループ62を用いてグループ60の下の基板領域64の一部及びグループ60の右に延びる基板領域66が露光される。

【0091】

図18に示した例では、いくつかの場合には、所与の処理量を達成するのに必要な光学カラム・グループの数は、図19に示した例で必要となる数を超えてよい。この差を以下でさらに説明する。

【0092】

例えば図10に示した場合のように、光学カラムのグループが1つしかない場合、走査方向に必要な光学カラムの数は次式で表すことができる。

【0093】

10

20

30

40

【数 1】

$$N_{oc} = \frac{L_s + L_{ocg}}{L_p \cdot f \cdot ET}$$

【0094】

ここで、

Noc = 光学カラムの数、

Ls = 走査方向の基板の長さ、

Locg = 走査方向の光学カラム・グループの長さ、

Lp = 走査方向に露光される各画素の長さ、

f = 個々の画素がアドレス指定され得る最大周波数、

ET = 処理量、即ち基板全体を露光しなければならない時間である。

Locg = Noc · Loc

【0095】

Loc は走査方向の1つの光学カラムの長さであり、故に次式が得られる。

【0096】

【数 2】

$$N_{oc} = \frac{L_s}{L_p \cdot f \cdot ET - L_{oc}}$$

【0097】

Noc は整数である。処理時間 ET が約 29 秒、アドレス指定周波数が約 10 kHz、基板長 Ls が約 1 m、光学カラム長 Loc が約 0.1 m、画素長 Lp が約 1 μm であると仮定すると、目標の処理量を達成するには約 5.26 本の光学カラムが必要となり、実際には 6 本の光学カラムが必要となる。

【0098】

図 18 に示したような光学カラムを 3 本の光学カラムの 2 つのグループに分ければ、Ls = 0.5 の各グループによって露光される基板長が得られよう。したがって、各グループは約 2.63 本 (5.26 の半分) の光学カラム、即ち実際には 3 本の光学カラムが必要となる。したがって、所与の処理量を得るには、合計で 6 本の光学カラムがさらに必要となる。

【0099】

基板のある区間が光学カラムの 2 つのグループの両方によって露光される図 19 に示した場合では、所与の処理量を達成するのに必要な光学カラムの数を決定する式は上記のものとは異なり、次式のようになる。

【0100】

【数 3】

$$N_{oc} = \frac{L_s + L_{ocg} / N}{L_p \cdot f \cdot ET}$$

【0101】

上式中、N は光学エンジンのグループの数である。上式は次のように簡単に表すことができる。

【0102】

10

20

30

40

50

【数 4】

$$N_{oc} = \frac{L_s}{L_p \cdot f \cdot ET - L_{oc} \cdot N}$$

【0103】

光学エンジンの2つのグループが設けられる場合、
 $N_{oc} = 4.17$ となる。

【0104】

したがって、各グループは約2.09本の光学カラムを必要とし、これは図18に示した配置に関し必要となる2.63本よりも実質的に少ないが、実際にはグループ当たり3本の光学カラムがさらに必要となろう。しかし、光学カラムが4つのグループで配置されている場合、上式は次のようになる：

$$N_{oc} = 3.77$$

【0105】

したがって、4本の光学カラムが走査方向に等しく離間されて隣接する光学カラムが基板の重なり合う領域を露光すると仮定すると、光学カラムがすべて1つのグループで配置されている場合は、6本の光学カラムを必要とする処理量が達成され得るか、又は光学カラムが等しく離間されているが、基板の重なり合う領域を露光しない場合、6本の光学カラムを必要とする処理量が達成され得る。所与の処理量を達成するのに必要な光学カラムの数を少なくする能力は、上記のように達成される走査距離の低減への大きい付加的な結果となる。

【0106】

図18に示したような配置では、光学カラムのグループは L/N に等しい間隔で離間され得ることを理解されたい。ここで L は露光される基板の長さであり、 N は光学カラム・グループの数である。対照的に、図19に示したような配置では、光学カラムのグループは $(L+1)/N$ の間隔で離間される。

【0107】

むすび

本発明の種々の実施例を上に記載してきたが、それは単なる例示であり、限定ではないことを理解されたい。当業者であれば、形式及び詳細の種々の変更が本発明の精神及び範囲から逸脱することなくなされてよいことは明白であろう。したがって、本発明の広さ及び範囲は上記の例示の実施例のいずれによっても制限されるべきではないが、添付の特許請求の範囲及びその同等物によってのみ定められるべきである。詳細な説明の項は、本願明細書のサマリー及びアブストラクトの項ではなく添付の特許請求の範囲を解釈する場合に限り用いられることを理解されたい。

【符号の説明】

【0108】

- 1 コントラスト装置
- 3 ビーム・スプリッタ
- 4 照明源
- 6、7、8 レンズ
- 9 マイクロレンズ・アレイ
- 17、18、19、20 光点
- 22、50、114 基板
- 25、41 光学カラム
- 27 トラック
- 30 画素の列
- 36、37 光学エンジン

10

20

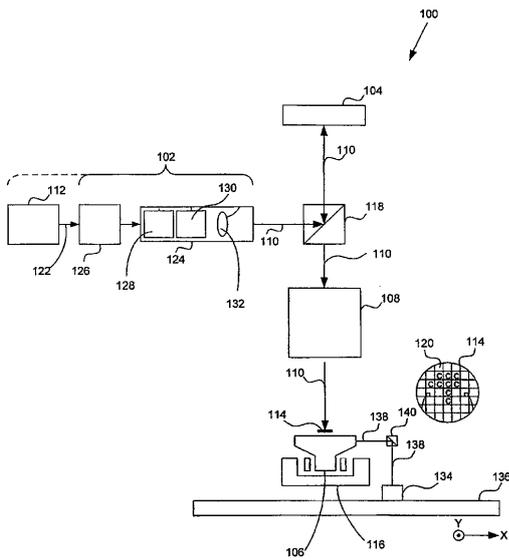
30

40

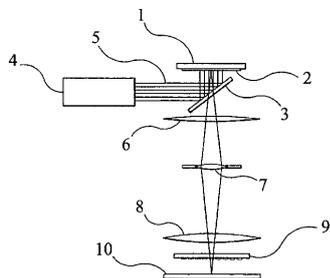
50

- 1 0 0 リソグラフィ 投影装置
- 1 0 2 放射線システム
- 1 0 4 個々に制御可能な素子のアレイ
- 1 0 6 物体テーブル
- 1 0 8 投影システム
- 1 1 0 投影ビーム
- 1 1 2 放射線源
- 1 1 6 位置決め装置
- 1 1 8 スプリッタ
- 1 1 8 ビーム・スプリッタ
- 1 2 2 放射線のビーム
- 1 2 4 照明システム
- 1 2 8 調整装置
- 1 3 6 ベース・プレート
- 1 3 8 干渉ビーム
- C 1 2 0 目標部分

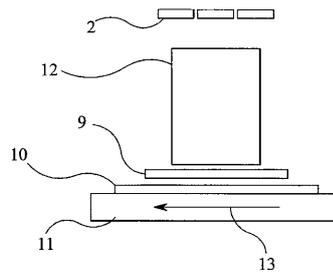
【 図 1 】



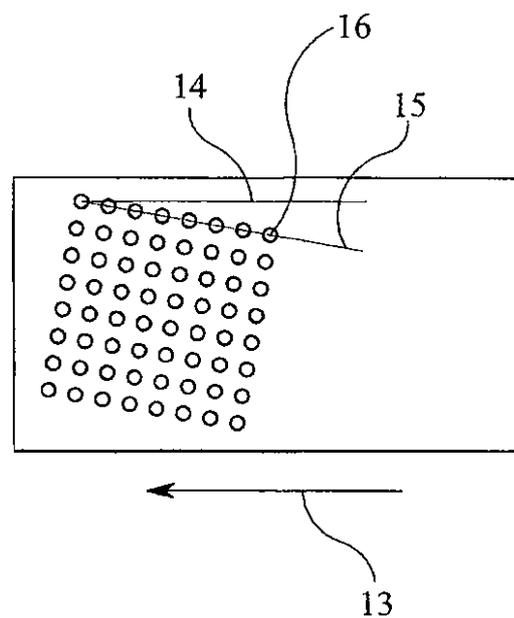
【 図 2 】



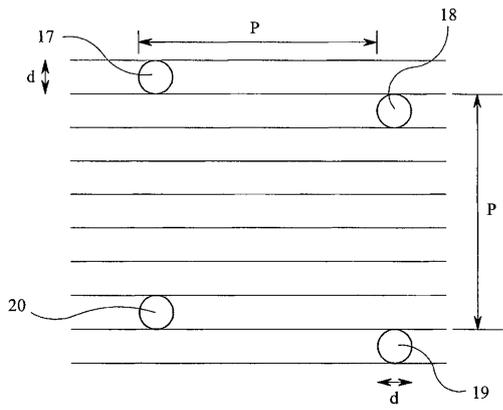
【 図 3 】



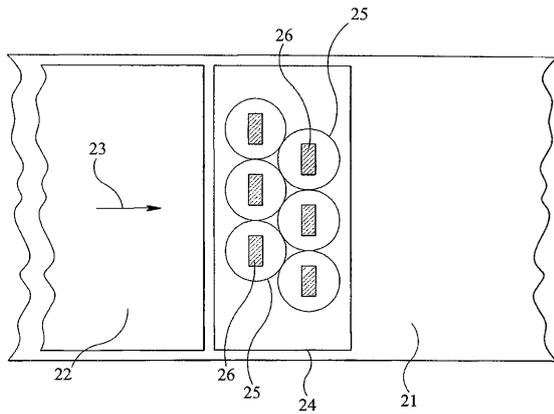
【 図 4 】



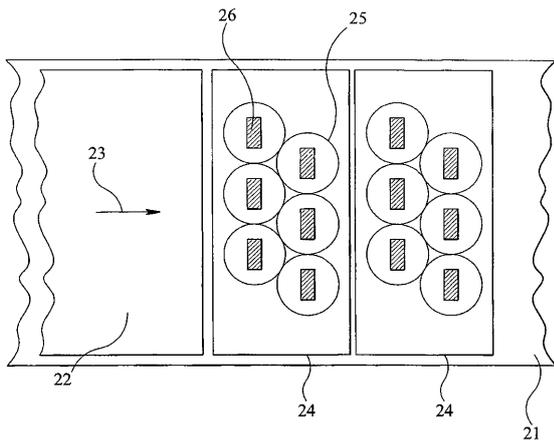
【 図 5 】



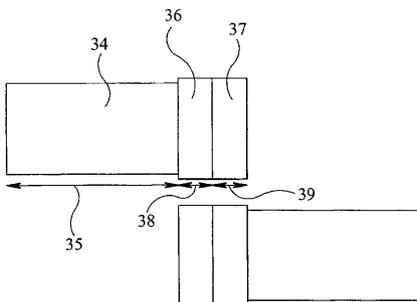
【 図 6 】



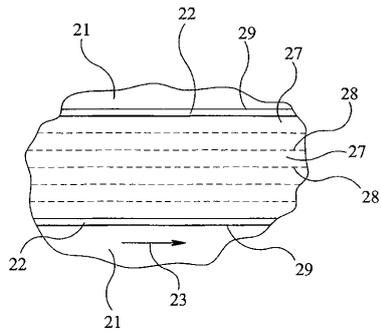
【 図 9 】



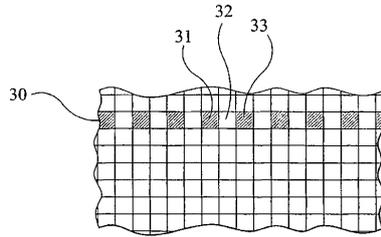
【 図 10 】



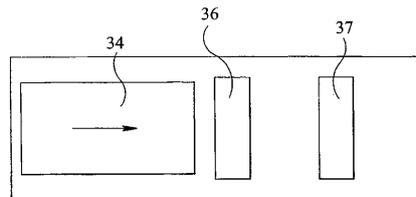
【 図 7 】



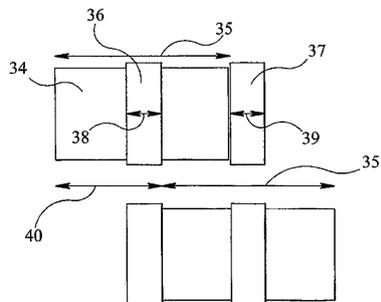
【 図 8 】



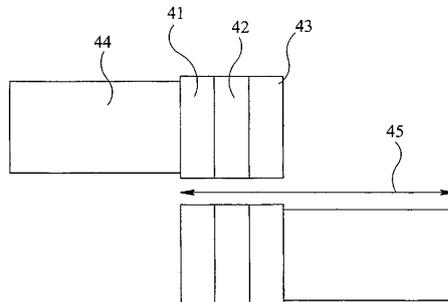
【 図 11 】



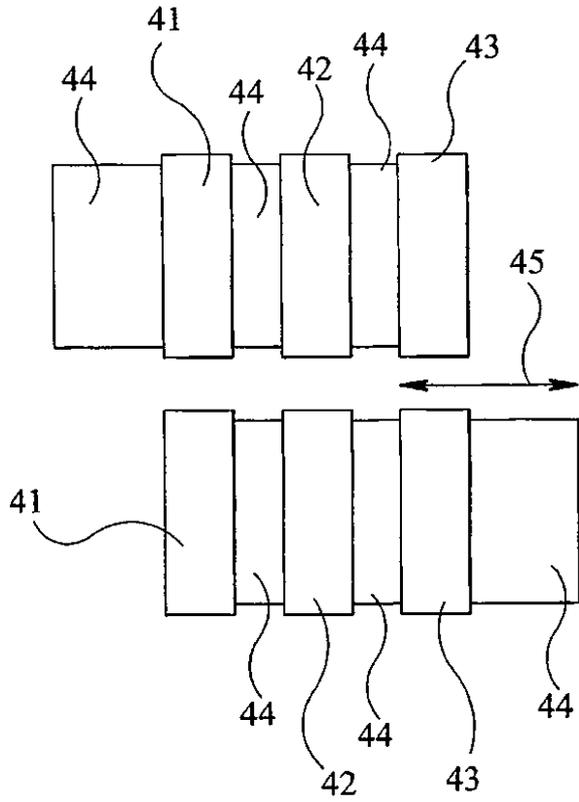
【 図 12 】



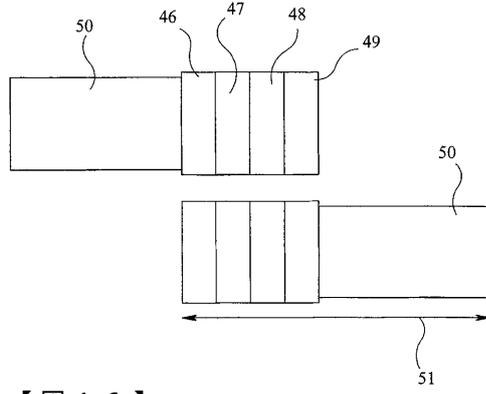
【 図 13 】



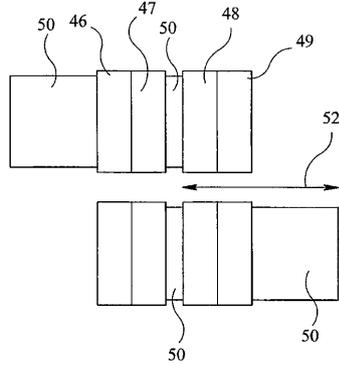
【図14】



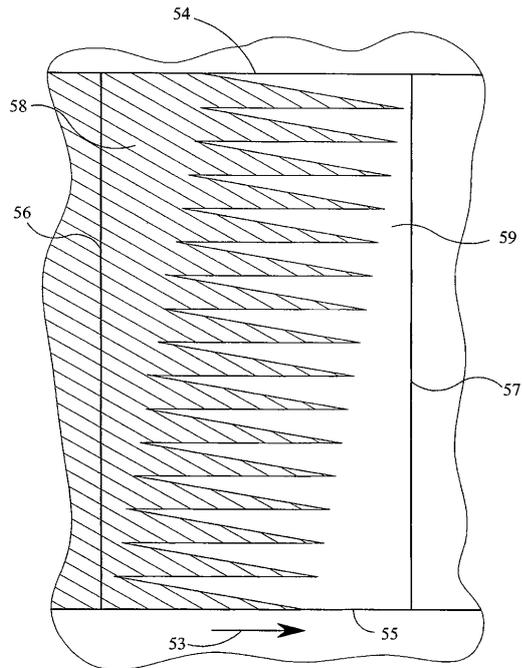
【図15】



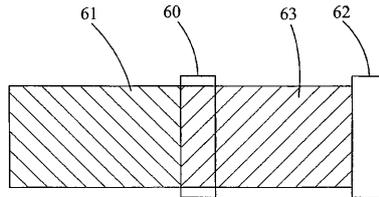
【図16】



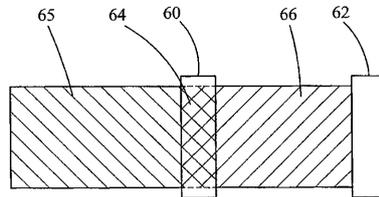
【図17】



【図18】



【図19】



フロントページの続き

(56)参考文献 特開2003-031461(JP,A)
特開2004-303879(JP,A)
特表2001-500628(JP,A)
特開2004-326076(JP,A)
特開平11-174402(JP,A)
特開2004-264337(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、 21/30