

(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2013-526004

(P2013-526004A)

(43) 公表日 平成25年6月20日(2013.6.20)

(51) Int.Cl.	F 1	テーマコード (参考)
H01L 21/027 (2006.01)	H01L 21/30	531A 2H097
G03F 7/20 (2006.01)	H01L 21/30	503G 3B116
H01L 21/304 (2006.01)	GO3F 7/20	503 5F146
B08B 6/00 (2006.01)	H01L 21/304	646 5F157
	B08B 6/00	

審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 24 頁)

(21) 出願番号	特願2012-556449 (P2012-556449)	(71) 出願人	504151804 エーエスエムエル ネザーランズ ピー. トイ.
(86) (22) 出願日	平成23年3月3日 (2011.3.3)		オランダ国 ヴェルトホーフェン 550 4 ディー アール, デ ラン 6501
(85) 翻訳文提出日	平成24年10月23日 (2012.10.23)	(74) 代理人	100079108 弁理士 稲葉 良幸
(86) 國際出願番号	PCT/EP2011/053171	(74) 代理人	100109346 弁理士 大貫 敏史
(87) 國際公開番号	W02011/110467	(72) 発明者	イワノフ, ウラジミール ロシア国, モスクワ, 119421, ノバ トロフ ストリート 36-3-336
(87) 國際公開日	平成23年9月15日 (2011.9.15)	(72) 発明者	アンツィフェロフ, パベル ロシア国, トロイツク, 142190, エ ーピーピー. 6, ユビレナヤ 4
(31) 優先権主張番号	61/348,521		最終頁に続く
(32) 優先日	平成22年5月26日 (2010.5.26)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		
(31) 優先権主張番号	61/313,507		
(32) 優先日	平成22年3月12日 (2010.3.12)		
(33) 優先権主張国	米国(US)		

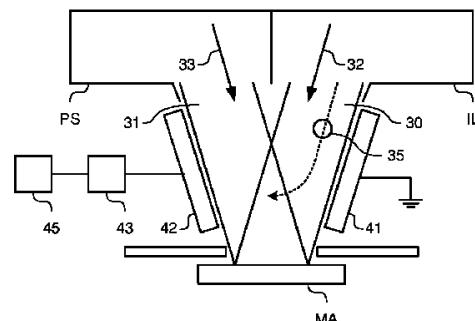
(54) 【発明の名称】汚染粒子を除去するシステム、リソグラフィ装置、汚染粒子を除去する方法、及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

E UV 放射ビームの経路の反対側の少なくとも 1 対の電極に少なくとも第 1 の AC 電圧が電圧レジームの第 1 のステージとして供給され、電圧レジームの第 2 のステージとして DC 電圧が電極に供給される E UV 放射ビームの経路から汚染粒子を除去するシステムが提供される。

【選択図】 なし

Fig. 5



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

リソグラフィ装置で E U V 放射ビームの経路から汚染粒子を除去するシステムであって、

- (a) E U V 放射ビームの経路の反対側に備えられる少なくとも 1 対の電極と、
- (b) 前記少なくとも 1 対の電極の間に制御された電圧を供給する電圧源と、
- (c) 前記少なくとも 1 対の電極間に供給される電圧を制御するコントローラとを備え、

前記コントローラは、前記少なくとも 1 対の電極間に電圧のレジームを供給し、前記レジームは、1 対の電極に A C 電圧が供給される第 1 のステージと、1 対の電極に D C 電圧が供給される第 2 のステージとを含む、システム。

10

【請求項 2】

前記レジームの各ステージの必要な電圧は、それぞれの連続する期間に同じ対の電極間に供給される、請求項 1 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項 3】

前記 E U V 放射ビームは、パルス放射源によって供給され、前記コントローラは、前記電圧レジームのステージの期間の合計が前記 E U V 放射ビームの連続するパルスの開始の間の時間に対応するように構成される、請求項 2 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

20

【請求項 4】

前記第 1 のステージの A C 電圧の周波数と電位は、前記システムの構成に関して、前記 1 対の電極間に供給される A C 電圧が前記 E U V 放射ビームによって生成されるプラズマの密度を高めるように選択される、請求項 2 又は 3 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項 5】

前記第 1 のステージの A C 電圧の周波数は、20 ~ 100 M H z の間にある、請求項 4 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項 6】

前記第 1 のステージの A C 電圧の大きさは、40 ~ 200 V の間にある、請求項 4 又は 5 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

30

【請求項 7】

A C 電圧によって前記 1 対の電極に供給される電力は、0.005 ~ 0.04 W / c m² の間にある、請求項 4 から 6 のいずれか 1 項に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項 8】

前記第 1 のステージの A C 電圧の周波数及び大きさは、前記システムの構成に関して、前記 1 対の電極間に供給される A C 電圧が前記 E U V 放射ビームによって生成されるプラズマを散逸させるように選択される、請求項 2 又は 3 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項 9】

前記第 1 のステージの前記 A C 電圧の周波数は、0.1 ~ 20 M H z の間、望ましくは 10 M H z である、請求項 8 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

40

【請求項 10】

前記第 1 のステージの前記 A C 電圧の大きさは、10 ~ 400 V の間、望ましくは 200 V である、請求項 8 又は 9 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項 11】

前記電圧レジームは、A C 電圧が 1 対の電極に供給される前記第 1 のステージと第 2 のステージとの間に設けられた中間ステージを含み、

前記第 1 のステージの前記 A C 電圧の周波数は、前記中間ステージの前記 A C 電圧の周波数よりも高い、請求項 3 に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項 12】

前記第 1 のステージと前記中間ステージの前記 A C 電圧の周波数及び大きさは、前記シ

50

システムの構成について、前記第1のステージの前記1対の電極間に供給される前記AC電圧が前記EUV放射ビームによって生成されるプラズマの密度を高め、前記第2のステージの前記1対の電極間に供給される前記AC電圧が前記プラズマを散逸させるように選択される、請求項11に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項13】

前記第1のステージの前記AC電圧の周波数は、20～100MHzの間にある、請求項12に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項14】

前記第1のステージの前記AC電圧の大きさは、40～200Vの間にある、請求項12又は13に記載の汚染粒子を除去するシステム。

10

【請求項15】

前記第1のステージの前記AC電圧によって前記1対の電極に供給される電力は、0.005～0.04W/cm²の間にある、請求項12から14のいずれか1項に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項16】

前記中間ステージの前記AC電圧の周波数は、0.1～20MHzの間、望ましくは10MHzである、請求項12から15のいずれか1項に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項17】

前記中間ステージの前記AC電圧は、10～400Vの間、望ましくは200Vである、請求項12から16のいずれか1項に記載の汚染粒子を除去するシステム。

20

【請求項18】

前記レジームの前記第1のステージの期間は、前記EUV放射ビームの連続パルスの開始の間の時間の5～15%の間にに対応し、望ましくは10%未満である、請求項11から17のいずれか1項に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項19】

前記レジームの前記中間ステージの期間は、前記EUV放射ビームの連続パルスの開始の間の時間の30%未満に対応し、望ましくは20%未満に対応する、請求項11から18のいずれか1項に記載の汚染粒子を除去するシステム。

30

【請求項20】

前記レジームの前記第2のステージの期間は、前記EUV放射ビームの連続パルスの開始の間の時間の少なくとも40%、少なくとも50%、又は少なくとも60%に対応する、請求項3から19のいずれか1項に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項21】

前記少なくとも1対の電極は、第1の対の電極が第2の対の電極よりも汚染粒子の発生源に近いように前記EUV放射ビームの軸に沿ったそれぞれの位置に備えられる第1及び第2の対の電極を備え、

前記電圧レジームの前記第1のステージの電圧は、前記第1の対の電極に印加され、前記電極レジームの前記第2のステージの電圧は、前記第2の対の電極に印加される、請求項1に記載の汚染粒子を除去するシステム。

40

【請求項22】

前記電圧レジームは、前記第1のステージと前記第2のステージとの間に備えられ、AC電圧が1対の電極に供給される中間ステージを含み、

前記第1のステージの前記AC電圧は、前記中間ステージの前記AC電圧よりも高い、請求項21に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項23】

前記レジームの前記中間ステージ及び第2のステージに必要な電圧は、それぞれの連続する期間に前記第2の対の電極間に供給される、請求項22に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項24】

50

前記第2のステージの前記DC電圧は、100～400Vの範囲から選択され、望ましくは200Vである、請求項1から23のいずれか1項に記載の汚染粒子を除去するシステム。

【請求項25】

請求項1から24のいずれか1項に記載の汚染粒子を除去するシステムを含むリソグラフィ装置。

【請求項26】

前記汚染粒子を除去するシステムは、照明システムと前記放射ビームにパターンを与えるパターニングデバイスとの間の前記EUVビーム経路から汚染粒子を除去する、請求項25に記載の汚染粒子を除去するシステムを含むリソグラフィ装置。

10

【請求項27】

リソグラフィ装置でEUV放射ビームの経路から汚染粒子を除去する方法であって、EUV放射ビームの経路の反対側に少なくとも1対の電極を備えるステップと、前記少なくとも1対の電極間の電圧レジームを供給するステップと、を含み、前記レジームはAC電圧が1対の前記電極に供給される第1のステージと、DC電圧が前記電極に供給される第2のステージとを含む、方法。

【請求項28】

パターニングされたEUV放射ビームを基板に投影するステップを含むデバイス製造方法であって、前記EUV放射ビームの経路の少なくとも一部から汚染粒子を除去する、請求項27に記載の方法を用いるステップを含むデバイス製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

(関連出願への相互参照)

[0001] 本願は2010年3月12日に出願され、参照により全体を本明細書に組み込むものとする米国仮出願第61/313,507号の利益を主張するものである。さらに、2010年5月26日に出願され、参照により全体を本明細書に組み込むものとする米国仮出願第61/348,521号の利益を主張するものである。

【0002】

[0002] 本発明は、EUV放射ビームの経路から汚染粒子を除去するシステム、リソグラフィ装置、EUV放射ビームの経路から汚染粒子を除去する方法、及びデバイス製造方法に関する。

30

【背景技術】

【0003】

[0003] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板に、通常は基板のターゲット部分に適用する機械である。リソグラフィ装置は、例えば、集積回路(I.C.)の製造に使用可能である。このような場合、代替的にマスク又はレチクルとも呼ばれるパターニングデバイスを使用して、I.C.の個々の層上に形成すべき回路パターンを生成することができる。このパターンを、基板(例えばシリコンウェーハ)上のターゲット部分(例えば1つ又は幾つかのダイの一部を含む)に転写することができる。パターンの転写は通常、基板に設けた放射感応性材料(レジスト)の層への結像により行われる。一般的に、1枚の基板は、順次パターンが与えられる隣接したターゲット部分のネットワークを含んでいる。

40

【0004】

[0004] リソグラフィは、I.C.及びその他のデバイス及び/又は構造を製造する際の主要なステップの1つとして広く認識されている。しかし、リソグラフィを使用して製造される特徴の寸法がより微細になると共に、リソグラフィは小型I.C.又はその他のデバイス、及び/又は構造の製造を可能にするためのより決定的なファクタになってきている。

【0005】

[0005] パターン印刷の限界の理論的な推定値は方程式(1)に示すようなレイリーの解像基準によって得られる。

50

【数1】

$$CD = k_1 * \frac{\lambda}{NA} \quad (1)$$

但し、 λ は使用される放射の波長、 NA はパターンを印刷するために使用される投影システムの開口数、 k_1 はレイリー定数とも呼ばれるプロセス依存調整係数であり、 CD は印刷される特徴のフィーチャサイズ（すなわちクリティカルディメンション）である。方程式(1)から、特徴の印刷可能な最小サイズの縮小は3つの方法で達成できることが分かる。すなわち、露光波長の短縮によるもの、開口数 NA の増加によるもの、又は k_1 の値の減少によるものである。

10

【0006】

[0006] 露光波長を短縮し、印刷可能な最小サイズを縮小するため、極端紫外(EUV)放射源を使用することが提案されてきた。EUV放射は5~20nmの範囲内、例えば13~14nmの範囲内の波長を有する電磁放射である。さらに、例えば6.7nm又は6.8nmなどの5~10nmの範囲内の、10nm未満の波長を有するEUV放射を使用できることが提案されてきた。このような放射は極端紫外放射、又は軟X線放射と呼ばれている。可能な放射源には例えば、レーザ生成プラズマ放射源、放電プラズマ放射源、又は電子蓄積リングにより与えられるシンクロトロン放射に基づく放射源が含まれる。

20

【0007】

[0007] EUV放射はプラズマを使用して生成することができる。EUV放射を生成するための放射システムは、燃料を励起してプラズマを提供するレーザ、及びプラズマを封じ込めるための放射源コレクタモジュールを含んでもよい。プラズマは例えば、適切な材料（例えばスズ）などの燃料にレーザビーム、又はXeガス又はLi蒸気などの適切なガス又は蒸気の流れを向けることによって生成することができる。その結果生ずるプラズマは例えばEUV放射などの出力放射を放出し、これは放射コレクタを使用して収集される。放射コレクタは、放射を受け、放射をビームに合焦する鏡像化垂直入射コレクタであってもよい。放射源コレクタモジュールは、プラズマを支える真空環境を提供する閉鎖構造又はチャンバを含んでもよい。このような放射システムは通常レーザ生成プラズマ(LPP)放射源と呼ばれる。

30

【0008】

[0008] このようなシステムの問題点は、燃料物質の粒子が放射と共に放出されやすく、装置を通って高速又は低速で進行することがある点である。これらの粒子がミラーレンズやレチクルなどの光学表面を汚染すると、装置の性能は劣化する。

【0009】

[0009] 状況によっては、すべての粒子を偏向させるには光電充電が充分でないことがある。さらに別の問題が、この技術を上記水素環境で利用しようとする場合に生ずる。ガス(H_2)が存在すると、EUV放射のパルスは導電性水素プラズマを発生する。この H_2 プラズマ(EUVビームによって発生される)がコンデンサ板の間の領域に存在すると、印加された電界はプラズマによって遮蔽され、粒子を偏向させない。さらに、次第にプラズマは粒子に負の電荷を印加し、光電効果の正の電荷を消去してしまう。

40

【発明の概要】

【0010】

[0010] したがって、必要とされるのは、例えば水素などの雰囲気内のEUV装置に適する汚染粒子除去のための代替システムを提供する有効なシステム及び方法である。

【0011】

[0011] 本発明のある実施形態では、EUVビームの経路の対向する側に備えられた少なくとも1対の電極と、少なくとも1対の電極の間に制御された電圧を供給するように構成された電圧源とを含む、リソグラフィ装置内のEUV放射経路から汚染粒子を除去するシステムが提供される。システムは、少なくとも1対の電極間に供給される電圧を制御するように構成されたコントローラを含み、コントローラは電極間の電圧レジームを提供する

50

ように構成され、このレジームは、交流（「A C」）電圧が1対の電極に供給される第1のステージと、直流（「D C」）電圧が1対の電極に供給される第2のステージとを含む。

【0012】

[0012] 本発明のある実施形態では、システムはさらに、汚染粒子を除去するための1つ又は複数のこのようなシステムを組み込んだリソグラフィ装置を提供する。

【0013】

[0013] 本発明のある実施形態では、リソグラフィ装置でEUV放射ビームの経路から汚染粒子を除去する方法であって、EUV放射ビームの経路の反対側に少なくとも1対の電極を含むステップと、少なくとも1対の電極間の電圧レジームを備えるステップとを含み、レジームはA C電圧が1対の電極に供給される第1のステージと、D C電圧が電極に供給される第2のステージとを含む方法が提供される。

10

【0014】

[0014] 本発明のある実施形態では、上記汚染物除去方法を用いて、例えば半導体デバイスなどのデバイス製造方法が提供される。

【0015】

[0015] 本発明の別の実施形態、特徴及び利点と、本発明の様々な実施形態の構造及び作用を添付の図面を参照して以下に詳細に説明する。本発明は、本明細書に記載する特定の実施形態に限定されないことに留意されたい。このような実施形態は、例示のみを目的として本明細書に記載されている。本明細書に含まれる教示に基づいて当業者はさらなる実施形態を容易に思い付くであろう。

20

【図面の簡単な説明】

【0016】

[0016] 対応する参照符号が対応する部分を示す添付の略図を参照しながら以下に本発明の実施形態について説明するが、これは単に例示としてのものに過ぎない。さらに、本明細書に組み込まれ、その一部を形成する添付の図面は本発明を図示し、説明とともに、さらに本発明の原理を説明し、当業者が本発明を作成し、使用できるよう働きをする。

30

【図1】[0017]本発明のある実施形態によるリソグラフィ装置を概略的に示す。

【図2】[0018]本発明のある実施形態による装置100のより詳細な図である。

【図3】[0019]本発明のある実施形態による図1及び図2の装置で使用可能な代替形態のEUV放射源を示す。

30

【図4】[0020]本発明のある実施形態による修正されたリソグラフィ装置を示す。

【図5】[0021]本発明のある実施形態による汚染粒子を除去するシステムの実施形態を示す。

40

【図6】[0022]本発明のある実施形態によるシステムで汚染粒子を除去するための従来から知られているシステムの性能を比較したグラフである。

【図7】[0022]本発明のある実施形態によるシステムで汚染粒子を除去するための従来から知られているシステムの性能を比較したグラフである。

【図8】[0023]本発明のある実施形態による汚染粒子を除去するシステムの代替実施形態を示す。

40

【図9】[0024]本発明のある実施形態による二次電子放出係数がそれぞれ高い物質と低い物質の粒子について図8に示すシステムの性能を比較したグラフである。

【図10】[0024]本発明のある実施形態による二次電子放出係数がそれぞれ高い物質と低い物質の粒子について図8に示すシステムの性能を比較したグラフである。

【0017】

[0025] 本発明の特徴及び利点は、類似の参照番号がそれに対応する要素を一貫して識別する図面を参照しながら以下の説明を読むことでさらに明らかになろう。図面では、一般に、類似の番号が同一の、機能が類似した、及び/又は構造が類似した要素を示す。

【発明を実施するための形態】

【0018】

50

[0026] 本明細書は、本発明の特徴を組み込んだ1つ又は複数の実施形態を開示する。開示される実施形態は本発明を例示するにすぎない。本発明の範囲は開示される実施形態に限定されない。本発明は、本明細書に添付される特許請求の範囲によって定義される。

【0019】

[0027] 記載された実施形態、及び本明細書で「一実施形態」、「ある実施形態」、「例示的実施形態」などに言及した場合、それは記載された実施形態が特定の特徴、構造、又は特性を含むことができるが、それぞれの実施形態が必ずしも特定の特徴、構造、又は特性を含まないことがあることを示す。さらに、このようなフレーズは、必ずしも同じ実施形態に言及するものではない。さらに、ある実施形態に関連して特定の特徴、構造、又は特性について記載している場合、明示的に記載されているか、記載されていないかにかかわらず、このような特徴、構造、又は特性を他の実施形態との関連で実行することが当業者の知識にあることが理解される。

10

【0020】

[0028] 本発明の実施形態はハードウェア、ファームウェア、ソフトウェア又はその任意の組合せで実施することができる。本発明の実施形態は、1つ又は複数のプロセッサで読み取り、実行することができる機械読み取り式媒体に記憶した命令として実施することもできる。機械読み取り式媒体は、機械（例えば、計算デバイス）で読み取り可能な形態で情報を記憶するか、又は伝送する任意の機構を含むことができる。例えば、機械読み取り式媒体は読み取り専用メモリ（ROM）、ランダムアクセスメモリ（RAM）、磁気ディスク記憶媒体、光記憶媒体、フラッシュメモリデバイス、電気、光、音響又は他の形態の伝搬信号（例えば、搬送波、赤外線信号、デジタル信号など）、及びその他を含むことができる。さらに、ファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令を、本明細書では特定の行為を実行するものとして記述することができる。しかし、このような記述は便宜的なものにすぎず、このような行為は実際には計算デバイス、プロセッサ、コントローラ、又はファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令などを実行する他のデバイスの結果であることを認識されたい。

20

【0021】

[0029] 本発明のある実施形態によれば、図1は、本発明の一実施形態による放射源コレクタモジュールSOを含むリソグラフィ装置100を概略的に示す。この装置は、放射ビームB（例えば、EUV放射）を調節するように構成された照明システム（イルミネータ）ILと、パターニングデバイス（例えば、マスク又はレチクル）MAを支持するように構築され、パターニングデバイスを正確に位置決めするように構成された第1のポジショナPMに接続された支持構造（例えば、マスクテーブル）MTとを含む。リソグラフィ装置100は、また、基板（例えば、レジストコートウェーハ）Wを保持するように構築され、基板を正確に位置決めするように構成された第2のポジショナPWに接続された基板テーブル（例えば、ウェーハテーブル）WTと、基板Wのターゲット部分C（例えば、1つ又は複数のダイを含む）上にパターニングデバイスMAによって放射ビームBへ付与されたパターンを投影するように構成された投影システム（例えば、反射投影システム）PSとを含む。

30

【0022】

[0030] 照明システムは、放射の誘導、整形、又は制御を行うための、屈折、反射、磁気、電磁気、静電気型等の光学コンポーネント、又はその任意の組合せなどの種々のタイプの光学コンポーネントを含んでいてもよい。

40

【0023】

[0031] 支持構造MTは、パターニングデバイスMAの方向、リソグラフィ装置の設計等の条件、例えばパターニングデバイスが真空環境で保持されているか否かに応じた方法で、パターニングデバイスMAを保持する。この支持構造は、パターニングデバイスを保持するために、機械的、真空、静電気等のクランプ技術を使用することができる。支持構造は、例えばフレーム又はテーブルでよく、必要に応じて固定式又は可動式でよい。支持構造は、パターニングデバイスが例えば投影システムなどに対して確実に所望の位置にくる

50

ようにできる。

【0024】

[0032] 「パターニングデバイス」という用語は、基板のターゲット部分にパターンを生成するように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用し得る任意のデバイスを指すものとして広義に解釈されるべきである。放射ビームに与えられるパターンは、集積回路などのターゲット部分に生成されるデバイスの特定の機能層に相当する。

【0025】

[0033] パターニングデバイスは透過性又は反射性でよい。パターニングデバイスの例には、マスク、プログラマブルミラーアレイ、及びプログラマブルLCDパネルがある。マスクはリソグラフィにおいて周知のものであり、これには、バイナリマスク、レベンソン型(alternating)位相シフトマスク、ハーフトーン型(attenuated)位相シフトマスクのようなマスクタイプ、さらには様々なハイブリッドマスクタイプも含まれる。プログラマブルミラーアレイの一例として、小さなミラーのマトリクス配列を使用し、そのミラーは各自、入射する放射ビームを異なる方向に反射するよう個々に傾斜することができる。傾斜したミラーは、ミラーマトリクスによって反射する放射ビームにパターンを与える。

10

【0026】

[0034] 本明細書で用いる「投影システム」という用語は、様々なタイプの投影システムを包含するものとして広義に解釈されるべきであり、照明システムと同様に、使用される露光放射に適した、又は真空の使用などのその他のファクタに適した屈折、反射、磁気、電磁、静電型又はその他のタイプの光学コンポーネント、又はその組合せを含んでもよい。その他のガスは過剰な放射を吸収があるので、EUV放射には真空を使用することが望ましい。したがって、真空壁及び真空ポンプを用いて真空環境をビーム経路全体に備えてよい。

20

【0027】

[0035] この実施形態では、例えば装置は(例えば反射マスクを使用する)反射型である。

【0028】

[0036] リソグラフィ装置は、2つ(デュアルステージ)又はそれ以上の基板テーブルと、例えば2つ以上のマスクテーブルを有するタイプのものであってよい。このような「マルチステージ」機械では、追加のテーブルを並行して使用することができ、又は1つ又は複数のその他のテーブルが露光用に使用される間に1つ又は複数のテーブル上で準備ステップを実行することができる。

30

【0029】

[0037] 図1を参照すると、イルミネータILLは、極端紫外放射ビームを放射源コレクタモジュールSOから受ける。EUV光を生成する方法には、EUV範囲内の1つ又は複数の放出線を有する、例えばキセノン、リチウム又はスズなどの少なくとも1つの元素を有するプラズマ状態に物質を変換することが含まれるが、これに限定されない。レーザ生成プラズマ(「LPP」)と呼ばれることが多いこの方法の1つでは、必要な線発光元素を有する物質の液滴、流れ、又はクラスタをレーザビームで照射することによって必要なプラズマを生成することができる。放射源コレクタモジュールSOは、燃料を励起するレーザビームを提供するための、図1には図示していないレーザを含むEUV放射システムの一部であってよい。結果として生ずるプラズマは、例えばEUV放射などの出力放射を放出し、この放射は放射源コレクタモジュール内に配置された放射コレクタを使用して収集される。燃料励起のためのレーザビームを供給するために、例えばCO₂レーザが使用される場合には、レーザと放射源コレクタモジュールは別個の要素であってよい。

40

【0030】

[0038] このような場合は、レーザはリソグラフィ装置の一部を形成するとは見なされず、放射ビームは、例えば適切な誘導ミラー及び/又はビームエクスパンダを備えるビームデリバリシステムを用いて、レーザから放射源コレクタモジュールへと送られる。別の場

50

合は、例えば放射源がDPP放射源と呼ばれることが多い放電生成プラズマEUV発生器である場合は、放射源は放射源コレクタモジュールの一体部品であってもよい。

【0031】

[0039] イルミネータILは、放射ビームの角度強度分布を調整するアジャスタを備えてよい。通常、イルミネータの瞳面における強度分布の少なくとも外側及び/又は内側半径範囲（一般にそれぞれ、-outer及び-innerと呼ばれる）を調整することができる。さらに、イルミネータILは、ファセット型フィールド及び瞳ミラー・デバイスなどの他の種々のコンポーネントを備えてよい。イルミネータを用いて放射ビームを調節し、その断面に所望の均一性と強度分布とが得られるようにしてもよい。

【0032】

[0040] 放射ビームBは、支持構造（例えば、マスクテーブル）MT上に保持されたパターニングデバイス（例えば、マスク）MAに入射し、パターニングデバイスによってパターニングされる。パターニングデバイス（例えば、マスク）MAに反射した後、放射ビームBは投影システムPSを通過し、投影システムPSはビームを基板Wのターゲット部分C上に合焦させる。第2のポジショナPWと位置センサPS2（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ又は容量センサ）を用いて、基板テーブルWTは、例えば、様々なターゲット部分Cを放射ビームBの経路に位置決めできるように正確に移動できる。同様に、第1のポジショナPMと別の位置センサPS1を用いて、放射ビームBの経路に対してパターニングデバイス（例えば、マスク）MAを正確に位置決めできる。パターニングデバイス（例えば、マスク）MA及び基板Wは、マスクアライメントマークM1、M2及び基板アライメントマークP1、P2を使用して位置合わせすることができる。

10

20

30

30

40

【0033】

[0041] 図示のリソグラフィ装置は、以下のモードのうち少なくとも1つにて使用可能である。

1. ステップモードにおいては、支持構造（例えばマスクテーブル）MT及び基板テーブルWTは、基本的に静止状態に維持される一方、放射ビームに与えたパターン全体が1回でターゲット部分Cに投影される（すなわち单一静的露光）。次に、別のターゲット部分Cを露光できるように、基板テーブルWTがX方向及び/又はY方向に移動される。

2. スキャンモードにおいては、支持構造（例えばマスクテーブル）MT及び基板テーブルWTは同期的にスキャンされる一方、放射ビームに与えられるパターンがターゲット部分Cに投影される（すなわち单一動的露光）。支持構造（例えばマスクテーブル）MTに対する基板テーブルWTの速度及び方向は、投影システムPSの拡大（縮小）及び像反転特性によって求めることができる。

3. 別のモードでは、支持構造（例えばマスクテーブル）MTはプログラマブルパターニングデバイスを保持して基本的に静止状態に維持され、基板テーブルWTを移動又はスキャンさせながら、放射ビームに与えられたパターンをターゲット部分Cに投影する。このモードでは、一般にパルス状放射源を使用して、基板テーブルWTを移動させることに、又はスキャン中に連続する放射パルスの間で、プログラマブルパターニングデバイスを必要に応じて更新する。この動作モードは、以上で言及したようなタイプのプログラマブルミラーアレイなどのプログラマブルパターニングデバイスを使用するマスクレスリソグラフィに容易に適用できる。

30

【0034】

[0042] 上述した使用モードの組合せ及び/又は変形、又は全く異なる使用モードも利用できる。

【0035】

[0043] 本発明のある実施形態によれば、図2は、放射源コレクタモジュールSO、照明システムIL、及び投影システムPSを含む装置100をより詳細に示している。放射源コレクタモジュールSOは、放射源コレクタモジュールSOの閉鎖構造220内に真空環境を保つことができるように構成され、配置されている。EUV放射線放出プラズマ210を放電生成プラズマ源によって形成することができる。EUV放射は、例えばXeガス

40

50

、 Li 蒸気、又は Sn 蒸気などの適切なガス又は蒸気によって生成可能であり、電磁スペクトルのEUV範囲の放射線を放出するために極めて高温のプラズマ210が生成される。極めて高温のプラズマ210は、例えば少なくとも部分的に電離されたプラズマを生ずる放電によって生成される。放射を効率的に発生するには、例えば10Paの Xe 、 Li 、 Sn 蒸気、又はその他の適切なガス又は蒸気の部分圧が必要である。ある実施形態では、EUVプラズマを生成するために励起したスズ(Sn)が備えられる。

【0036】

[0044] 高温プラズマ210によって放出される放射は、放射源チャンバ211の開口部内、又はその背後に位置する(場合によっては汚染物バリア又はフォイルトラップとも呼ばれる)オプションのガスバリア又は、汚染物トラップ230を経て放射源チャンバからコレクタチャンバ212へと送られる。汚染物トラップ230はチャネル構造を含むことができる。汚染物トラップ230はさらに、ガスバリア又はガスバリアとチャネル構造との組合せを含むことができる。本明細書にさらに示されている汚染物トラップ又は汚染物バリア230は、この分野では公知のように少なくとも1つのチャネル構造を含む。

10

【0037】

[0045] コレクタチャンバ211は、斜入射コレクタであってよい放射コレクタCOを含むことができる。放射コレクタCOは、上流の放射コレクタ側251と、下流の放射コレクタ側252とを有している。コレクタCOを横切る放射は回折格子分光フィルタ240から反射して仮想放射源点IFに合焦させることができる。中間焦点とも呼ばれる仮想放射源点IFと放射源コレクタモジュールとは、中間焦点IFが閉鎖構造220内の開口部、又はその近傍に位置するように配置される。仮想放射源点IFは、放射線放出プラズマ210の像である。

20

【0038】

[0046] その後、放射は、パターニングデバイスMAで放射ビーム21の所望の角度分布を与える、且つパターニングデバイスMAで放射強度の所望の均一性を与えるために、ファセット型フィールドミラーデバイス22、及びファセット型瞳ミラーデバイス24を含むことができる照明システムILを横切る。支持構造MTによって保持されるパターニングデバイスMAで放射ビーム21が反射すると、パターニングされたビーム26が形成され、パターニングされたビーム26は投影システムPSによって反射要素28を介して、ウェーハステージ又は基板テーブルWTによって保持される基板Wに結像される。

30

【0039】

[0047] 照明光学ユニットIL及び投影システムPSには、一般に、図示した以上の要素があつてもよい。リソグラフィ装置のタイプに応じて、オプションとして回折格子分光フィルタ240を備えてもよい。さらに、図示した以上の追加のミラーがあつてもよく、例えば図2に示した以上の1~6個の追加の反射要素を投影システムPSに備えてもよい。

【0040】

[0048] 図2に示すようなコレクタ光学系COは、コレクタ(又はコレクタミラー)の例として斜入射リフレクタ253、254、及び255を有する入れ子式コレクタとして示されている。斜入射リフレクタ253、254、及び255は光軸Oを中心に軸対称に配置され、このタイプのコレクタ光学系COは好ましくは、DPP源と呼ばれることが多い放電生成プラズマ源と組み合わせて使用される。

40

【0041】

[0049] 本発明のある実施形態では、図3に示すように放射源コレクタモジュールSOはLPP放射システムの一部であつてもよい。レーザLAはキセノン(Xe)、スズ(Sn)、又はリチウム(Li)などの燃料にレーザエネルギーを吸収させて数十電子ボルトの電子温度を有する高度に電離されたプラズマ210を生成する。これらのイオンの脱励起と再結合中に生成されるエネルギー放射はプラズマから放出され、近垂直入射コレクタ光学系COによって収集され、閉鎖構造220内の開口部221へと合焦される。

【0042】

[0050] 本発明のある実施形態によれば、図4は、スペクトル純度フィルタSPFが反射

50

型回折格子ではなく透過型回折格子である E U V リソグラフィ装置用の配置を示している。この場合、放射源からの放射はコレクタから中間焦点 I F (仮想放射源点)へと直線経路を辿る。代替実施形態 (図示せず) では、スペクトル純度フィルタ 1 1 は仮想放射源点 1 2 に、又はコレクタ 1 0 と仮想放射源点 1 2 との間の任意の位置に配置することができる。フィルタは、例えば仮想放射源点 1 2 の下流側など、放射経路の別の位置に配置することもできる。複数のフィルタを配置することができる。上記例と同様に、コレクタ C O は斜入射型 (図 2) のタイプでも直接デフレクタ型 (図 3) のタイプでもよい。

【 0 0 4 3 】

[0051] 上述のように、ガスバリアを含む汚染物トラップ 2 3 0 が放射源室内に備えられる。ガスバリアは、例えば参照により全体を本明細書に組み込むものとする米国特許第 6 , 6 1 4 , 5 0 5 号及び米国特許第 6 , 3 5 9 , 9 6 9 号に記載されているようなチャネル構造を含んでいる。汚染物トラップの目的は、光学系の要素に衝突する燃料材料又は副産物の発生、及び時間経過によるこれらの要素の劣化を防止し、又は少なくとも軽減することである。ガスバリアは (流体の逆流による) 物理的バリアとして、汚染物との化学反応によって、及び / 又は帯電粒子の静電又は電磁偏向によって作用してもよい。実際には、プラズマ材料を可能な最大範囲までブロックしつつ、放射を照明システムに伝達するためにこれらの方法の組合せを用いてもよい。上記米国特許に説明されているように、S n 又はその他のプラズマ材料を化学的に修正するために、粒子中に水素ラジカルを注入することができる。水素ラジカルは、光学面に既に堆積している場合がある S n やその他の元素を洗浄するためにも利用することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 4 】

[0052] リソグラフィ装置の別の個所で汚染粒子に対するバリア又はバッファとして水素又はその他のガスを備えることができる。特に、中間焦点アパー チャ 2 2 1 を通過しようとすることがある粒子を妨げるために、放射源室 S O 内への水素のフローを準備することができる。さらに、水素ガスを (i) レチクルを汚染するシステムからの汚染物に対するバッファとしてレチクル支持体 M T の近傍に、及び (ii) システム内により大きい真空空間に侵入するウェーハからの汚染物に対するバッファとしてウェーハ支持体の近傍に配備することができる。

【 0 0 4 5 】

[0053] これらのすべての目的のため、水素供給源 H S (一部は図示し、一部は図示しない) が各々の汚染物トラップ配置への水素ガス用に配備される。ある供給源は簡単なバッファとして分子水素ガス (H₂) を供給してもよく、別の供給源は水素ラジカルを生成する。

【 0 0 4 6 】

[0054] 参照により全体を本明細書に組み込むものとし、且つ共同所有の米国特許 6 , 7 8 1 , 6 7 3 号 (「673号特許」) は、レチクルを保護するための静電偏向を提案している。同じ原理をリソグラフィ装置のその他のコンポーネントと空間に適用することができる。673号特許は、E U V ビーム自体の静電効果を利用して粒子に荷電することを提案しており、これがスズの粒子上に正電荷を発生する。

【 0 0 4 7 】

[0055] 本発明のある実施形態によれば、図 5 は、本発明のある実施形態によるリソグラフィ装置における E U V 放射ビームの経路から汚染粒子を除去するためのシステムを示している。この配置では、汚染粒子を除去するシステムは、E U V 放射ビーム 3 0 が照明システム I L によって供給され、パターニングデバイス M A に入射し、パターニングされた E U V 放射ビームが投影システム P S へと向けられるリソグラフィ装置の領域に備えられる。

【 0 0 4 8 】

[0056] 上述のように、又、図 5 に示したように、水素は照明システム I L と投影システム P S の両方に供給され、その結果、それぞれ照明システム I L 及び投影システム P S からパターニングデバイス M A への水素のフロー 3 2 、 3 3 が生ずる。特に、照明システム

ILからの水素のフロー32は、例えば放射源S0からの汚染粒子を同伴することができる。したがって、このような汚染粒子35がパターニングデバイスMAに到達することを防止することが望ましい。例えば、パターニングデバイスMAに堆積する20nm程度の微小粒子は、その後基板上に形成されるすべてのダイに致命的な欠陥を引き起こすことがある。

【0049】

[0057] 本発明の汚染粒子除去システムでは、EUV放射ビームの経路のいずれかの側に1対の電極41、42を備えることができる。図5に示すように、電極41、42はパターニングデバイスMAの近傍のEUV放射ビームのどの側にも配置することができるの10で、1対の電極41、42は照明システムILによって供給される両方のEUV放射ビームの対向する両側、及びパターニングデバイスMAから投影システムPSに向けられるEUV放射ビームのいずれかの側に位置する。

【0050】

[0058] これまで提案されている汚染粒子を除去するシステムと同様に、1対の電極41、42の間に制御された電圧を設定する。したがって、静電荷を帯びる汚染粒子を一方の電極の42に引き寄せ、EUV放射ビームの経路から除去することができる。

【0051】

[0059] 一実施形態では、一方の電極の41をアースし、他方の電極42に正の電圧を印加して、負の電荷を帯びる粒子をこれに引き寄せることができる。しかし、いずれかの電極41、42をアースし、他方に電圧を印加してもよいことが理解されよう。さらに、代替実施形態では、電極41、42のいずれか一方に正の電圧を印加し、他方の電極41、42に負の電圧を印加して1対の電極41、42の間に所望の電圧差を設けることができる。このような配置は、電極41、42の近傍の他方の表面をアースするため、1対の電極41、42の間の空間に電界がより良好に閉じ込められるという利点を有している。

【0052】

[0060] しかし、これまで提案されている静電式汚染物除去システムとは異なり、本発明は、特定の電圧レジームを提供するために電圧源を制御するように構成されたコントローラ45を含んでいる。1対の電極41、42に印加される電圧レジームを入念に選択することによって、例えば一定のDC電圧を1対の電極41、42に供給するシステムと比較すると、汚染粒子を除去するシステムの性能の向上が得られる。

【0053】

[0061] 上述のように、これまで提案されている静電式汚染物除去システムは、汚染粒子に正の電荷を与えるためにEUVビームの光電効果を利用することに基づくものであった。しかし、水素ガスが存在する結果、EUV放射により導電性の水素プラズマが形成される。このプラズマは、電極41、42間の電圧差によって生ずる静電界から汚染粒子を遮蔽することがある。さらに、水素プラズマは汚染粒子に次第に負の電荷を加え、光電効果がある正の電荷を消去してしまうことがある。本発明のある実施形態は、電極41、42により精巧な電圧レジームを提供することによって、システムの性能を高めることができるという認識に基づくものである。

【0054】

[0062] 特に、本発明のある実施形態は、AC電圧が1対の電極41、42に供給される第1のステージと、DC電圧が1対の電極41、42に供給される第2のステージとを含む電圧レジームを使用してもよい。

【0055】

[0063] レジームの第1のステージは、これまで提案されているシステムと同様に、荷電汚染粒子35を一方の電極41、42に引き込む機能を果たす。第1のステージは、第2のステージの性能を高めるため、水素プラズマの形成と相互作用するために備えられる。

【0056】

[0064] 本発明のある実施形態では、第1のステージのAC電圧は、EUV放射ビームに

10

20

30

40

50

よって生成される水素プラズマの密度を高めるように選択される。このような実施形態では、プラズマの密度上昇は、汚染粒子35が比較的強く負の電荷が荷電されるのに十分な、すなわち光電効果の正の電荷を補償する以上の密度上昇であってよい。汚染粒子35への正味電荷の強度を高めることによって、個々の粒子35が電極42によって捕捉される第2のステージの電圧により個々の粒子35が当初の軌道から十分に偏向される確率を高めることができる。

【0057】

[0065] 本発明の別の実施形態では、第1のステージのAC電圧は、1対の電極41、42の間に供給されるAC電圧がEUV放射ビームによって生成された水素プラズマを散逸させる効果を有している。

10

【0058】

[0066] いずれにせよ、EUV放射によって形成される水素プラズマは時間の経過と共に自然に散逸することを理解されたい。しかし、第1のステージのAC電圧を適切に選択することによって、自然に散逸するよりも迅速に水素プラズマを散逸させることができる。したがって、第2のステージ中に水素プラズマの遮蔽作用を除去又は低減することができる。したがって、所定の電荷が汚染粒子35に印加される場合、第2のステージで電極41、42に印加されるDC電圧の効果はより大きくなる。一方、それは所定の汚染粒子35が電極42に引き寄せられる確率を高める。

【0059】

[0067] 本発明のある実施形態で使用される電圧レジームのさらに別の配置では、AC電圧が電極41、42に供給される中間ステージを設けることができる。このような配置では、上述のように、EUVビームによって生成される水素プラズマのプラズマ密度を高めるように、第1のステージのAC電圧を選択することができる。その後、自然散逸よりも迅速にプラズマを散逸させるように、中間ステージのAC電圧を選択してもよい。

20

【0060】

[0068] したがって、このような配置では、システムはプラズマの密度を高め、ひいては汚染粒子35に印加される静電荷の強度を高める第1のステージを有利に活用できる。その後、中間ステージがプラズマ散逸の速度を速めることで、汚染粒子35を一方の電極42に引き寄せるためにDC電圧が使用される第2のステージの前にプラズマの遮蔽作用が除去又は低減されてもよい。

30

【0061】

[0069] 上述のように、本実施形態により汚染粒子を除去するシステムのある実施形態では、電圧レジームの各ステージで必要な電圧は連続的な期間で1対の電極41、42の間に供給される。特に、EUV放射ビームはパルス放射源によって供給されてもよい。したがって、EUV放射ビームのパルスと同期して必要なレジームと電圧を供給するようにコントローラ45を構成することができる。

【0062】

[0070] 特に、電圧レジームの各ステージの期間の合計は、EUV放射ビームの連続するパルスの開始の間の時間に対応してもよい。

40

【0063】

[0071] 本発明のある実施形態では、EUV放射ビームの連続するパルス間の期間、特にEUV放射の後続のパルスの直前に電圧レジームの第2のステージ、すなわちDC電圧の供給ステージを備えることができる。

【0064】

[0072] プラズマ密度を集中させるために電圧レジームの第1のステージのAC電圧が選択される場合は、このAC電圧のタイミングを、EUV放射のパルス、及び/又はEUV放射のパルスの直後の期間と一致するようにすることができる。

【0065】

[0073] AC電圧がプラズマを散逸させるように構成されるレジームステージのタイミングをEUV放射のパルスの少し後にすることができる。プラズマ密度を集中させるために

50

レジームの第1のステージも使用される場合は、プラズマを散逸させるように構成された中間ステージは第1のステージの直後、又は少し後に続いてもよい。

【0066】

[0074] E U V パルス放射源を使用するリソグラフィ装置では、パルス周波数は例えば 50 k H z であることができ、その結果、パルス周期、すなわち E U V 放射ビームの連続するパルスの開始間の時間は 20 μ s となる。例えば 100 k H z 及び 200 k H z などの他のパルス周波数を用いてもよいことが理解されよう。

【0067】

[0075] 一般に、第2のステージ、すなわち D C 電圧を供給するレジームステージは、粒子が電圧 42 に引き寄せられる確率を最大にするために出来るだけ長く続くことが望ましい。ある実施形態では、電圧レジームの第2のステージの期間は、E U V 放射ビームの連続するパルスの開始の間の時間の少なくとも 40 %、少なくとも 50 %、又は少なくとも 60 % に対応する期間でよい。

10

【0068】

[0076] プラズマの荷電密度を高めるために使用される本発明による電圧レジームステージは、好ましくは出来るだけ短くてよい。このような配置は、プラズマが自然に散逸し、又は荷電汚染粒子 35 を引き寄せるために D C 電圧が供給される第2のステージの前に電圧レジームの中間ステージで供給される A C 電圧によって補助されて散逸するための出来るだけ長い時間を与える。本発明のある実施形態では、プラズマ密度を高めるために使用される電圧レジームステージの期間は、E U V 放射ビームの連続するパルスの開始の間の時間の 5 ~ 15 % の間、望ましくは 10 % 未満であってよい。

20

【0069】

[0077] プラズマの散逸を補助するために使用される本発明による電圧レジームステージの期間は望ましくは、E U V 放射ビームの後続のパルスの前に、荷電汚染粒子を電極 42 に引き寄せるために D C 電圧が供給される電圧レジームの第2のステージのために十分な時間が残されるのに十分に短い期間であってよい。しかし、この期間はさらに、第2のステージが効果的であるために、すなわちプラズマの遮蔽作用が十分に軽減されるためプラズマが十分に散逸するために十分に長い期間でなければならない。ある配置では、本発明の電圧レジームのこのようなステージは、E U V 放射ビームの連続するパルスの開始の間の時間の 30 % 未満、望ましくは 20 % 未満に対応するものでよい。

30

【0070】

[0078] 本発明で使用される電圧レジームのステージで使用される電圧、すなわち電圧の大きさと周波数を選択する際、システムの要素の幾何形状を含むシステムの構成を考慮に入れる必要がある。特に、以下のファクタは使用される電圧の選択に影響を及ぼす。

電極 41、42 に印加される電圧と共に電界強度を決定する電極 41、42 の離間距離

、

汚染粒子 35 の予測速度、及びそれらの予測質量範囲、

粒子が電極 41、42 によって境界付けられる空間内にあることができる時間を決定する汚染粒子の進行方向での電極 41、42 の長さ、

電極 41、42 間の空間内でのプラズマの形成、A C 電圧により得られるプラズマ密度の上昇、及びその後の自然の、又は補助されるプラズマ散逸に影響を及ぼす電極 41、42 間の水素ガスの圧力、及び、

E U V 放射ビームのタイミングとパワー。

40

【0071】

[0079] 本発明のシステムのセットアップ時には、汚染粒子は E U V 放射ビームの複数のパルスの期間だけ、電極 41、42 によって境界付けされる空間内に留まることができることを理解する必要がある。したがって、汚染粒子 35 が E U V 放射ビームの複数のパルスに対応する電圧レジームの複数のサイクルを体験するようにシステムを構成することができる。各サイクルは汚染粒子上の電荷を増大することができる。例えば、パルス周波数が 50 k H z であるリソグラフィ装置の予測される構成では、汚染粒子の速度は訳 20 m /

50

s であってもよい。この場合、長さが例えば 60 mm の 1 対の電極 41、42 の場合、粒子 35 は EUV 放射ビームの約 150 のパルス期間だけ電極 41、42 の間に留まることができる。

【0072】

[0080] 各パルス内で、すなわち電圧レジームの各サイクル中、汚染粒子 35 上の正味電荷は増加することができ、各パルス内で電圧レジームの第 2 のステージ中に汚染粒子 35 に力が加わる。

【0073】

[0081] 可能な電極 41、42 の構成では、電極の長さ（すなわち汚染粒子が進行すると予測される方法での長さ）は 60 mm であることができ、幅は約 100 mm であり、おそらく約 40 mm ~ 90 mm だけ離間されよう。しかし、一般に電極は、EUV 放射ビームと同じ幅に構成され、ビームの形状にできるだけ近い形状を辿ることが理解されよう。電極 41、42 間の空間内での水素の圧力は例えば約 3 Pa でよい。

10

【0074】

[0082] このような例示的実施形態では、EUV 放射ビームによって生成されるプラズマの密度を高めるために使用される電圧レジームステージのために選択される AC 電圧は、周波数が 20 ~ 100 MHz、電圧の大きさは 40 ~ 200 V の間であるように選択することができる。さらに、この電圧レジームのステージで 1 対の電極 41、42 に供給される電力は、各電極の面積に基づいて 0.005 ~ 0.04 W/cm² になるように選択することができる。

20

【0075】

[0083] 蒸気の例示的実施形態でプラズマ散逸を促進するために使用される電極レジームのステージ用の AC 電圧は、周波数が 0.1 ~ 20 MHz、望ましくは約 10 MHz、電圧の大きさは 10 ~ 400 V、望ましくは約 200 V であるように選択することができる。

【0076】

[0084] 最後に、上記の例示的実施形態用の電圧レジームの第 2 のステージで使用される DC 電圧の選択に際して、DC 電圧は 100 ~ 400 V の範囲に、例えば 200 V に選択することができる。

30

【0077】

[0085] プラズマ散逸を促進するための電圧、及び / 又は電圧レジームの第 2 のステージ用の電圧を選択する際に、電圧の大きさはプラズマを持続させない十分に低い電圧に選択されなければならないことを理解されたい。従って、特定の構成のシステムでは、このようなステージ用に使用できる最高電圧はパッシエン曲線を用いて決定することができる。

【0078】

[0086] 本発明の実施形態により、図 6 及び図 7 は電極 41、42 に 200 V の定電圧が印加される図 5 に示したようなシステム（図 6）、及び 3 ステージの電圧レジームが備えられる配置（図 7）を使用したシミュレーションの結果を比較している。特に、レジームは 40 V、2 μs で 100 MHz の第 1 のステージ、400 V、6 μs で 0.25 MHz の中間ステージ、及び 12 μs で DC 400 V の第 2 のステージを含んでいる。

40

【0079】

[0087] 図 6 と図 7 の両方で、グラフは粒子が電極 41、42 によって境界付けされる空間内に留まる複数の異なるパルスでの粒径による非停止確率分布、すなわち電極のサイズ、及び汚染粒子の予測速度を含むシステムの基本構成の相違に対応する非停止確率分布を示している。図示のように、3 ステージの電圧レジームの性能は、DC 定電圧を使用するシステムよりも大幅に向上する。

【0080】

[0088] 本発明をこれまで図 5 に示す実施形態に照らして記載してきたが、本発明は代替実施形態によっても実装できることを理解されたい。例えば、図 8 に示すように、本発明のある実施形態により、関連するそれぞれの電圧コントローラ 63、64 と共に 2 対の電

50

極 6 1、6 2 を備えることができる。

【 0 0 8 1 】

[0089] 例えば、電圧源 6 3 は、電圧レジームの第 1 のステージに必要な電圧を第 1 の対の電極 6 1 に供給するためにコントローラ 4 5 によって制御されることができ、第 2 の電圧源 6 4 は中間ステージ及び電圧レジームの第 2 のステージに必要な電圧を第 2 の対の電極 6 2 に供給してもよい。第 1 の対の電極 6 1 の間の第 1 の領域では、汚染粒子は、このレジームの第 1 のステージに従って第 1 の対の電極 6 1 に印加される電圧の結果として密度が高まったプラズマによって荷電される。その後、第 2 の対の電極 6 2 の間の空間で、汚染粒子を除去するために第 2 の対の電極 6 2 に電圧レジームの第 2 のステージ、すなわち D C 電圧が印加される前に、プラズマを散逸させるために第 2 の対の電極 6 2 に電圧レジームの中間ステージが印加される。

10

【 0 0 8 2 】

[0090] 図 9 及び図 1 0 は、異なる汚染粒子について図 8 に示されるようなシステムを使用してシミュレーションの結果を示している。具体的には、図 9 は本発明のある実施形態により、金属などの二次電子放出率が比較的高い物質の汚染粒子の結果を示している。特に、二次電子放出率 k は 0 . 0 2 である。図 1 0 は、絶縁体、具体的には、 k が 0 . 0 0 2 である絶縁体などの二次電子放出率が比較的低い物質の結果を示している。図 9 及び図 1 0 の両方で、電圧レジームの第 1 のステージは 4 0 V、1 0 0 M H z の電圧を使用して第 1 の対の電極 6 1 によって供給され、0 . 0 3 W / c m ² の電力を供給する。第 2 の対の電極 6 2 に印加される中間ステージは、E U V 放射ビームの 6 . 5 μ s の各パルスの開始から 2 0 0 V、1 0 M H z の電圧によって供給される。これも中間ステージの終端から E U V 放射ビームの次のパルスの開始まで第 2 の対の電極 6 2 に印加される第 2 のステージは D C 2 0 0 V である。

20

【 0 0 8 3 】

[0091] 図 9 及び図 1 0 に示されるように、本発明の実施形態により、D C 定電圧を使用した従来から知られているシステム、すなわち図 6 に示すようなシステムよりも非停止確率は大幅に向上する。しかし、図 8 に示すような実施形態では、異なる物質の粒子は異なる減速効率を有している。

30

【 0 0 8 4 】

[0092] 図 8 に示すような実施形態、すなわち電圧レジームの第 1 及び第 2 のステージが空間的に離間された実施形態は、非パルス放射ビームが使用されるシステム用に使用できよう。このような配置では、第 1 のステージは、プラズマによる汚染粒子の荷電を促進するためにプラズマ密度を高めるように構成された A C 電圧であってよい。電圧レジームの第 2 のステージは、荷電汚染粒子を除去するために使用される D C 電圧であってよい。

40

【 0 0 8 5 】

[0093] 本文では I C の製造におけるリソグラフィ装置の使用に特に言及しているが、本明細書で説明するリソグラフィ装置には他の用途もあることを理解されたい。例えば、これは、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用誘導及び検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ (L C D) 、薄膜磁気ヘッドなどの製造である。こうした代替的な用途に照らして、本明細書で「ウェーハ」又は「ダイ」という用語を使用している場合、それぞれ、「基板」又は「ターゲット部分」という、より一般的な用語と同義と見なしてよいことが、当業者には認識される。本明細書に述べている基板は、露光前又は露光後に、例えばトラック (通常はレジストの層を基板に塗布し、露光したレジストを現像するツール) 、メトロロジツール及び / 又はインスペクションツールで処理することができる。適宜、本明細書の開示は、以上及びその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 I C を生成するために、複数回処理することができ、したがって本明細書で使用する基板という用語は、既に複数の処理済み層を含む基板も指すことができる。

【 0 0 8 6 】

[0094] 光リソグラフィの分野での本発明の実施形態の使用に特に言及してきたが、本発

50

明は文脈によってはその他の分野、例えばインプリントリソグラフィでも使用することができ、光リソグラフィに限定されないことを理解されたい。インプリントリソグラフィでは、パターニングデバイス内のトポグラフィが基板上に作成されたパターンを画定する。パターニングデバイスのトポグラフィは基板に供給されたレジスト層内に刻印され、電磁放射、熱、圧力又はそれらの組合せを印加することでレジストは硬化する。パターニングデバイスはレジストから取り除かれ、レジストが硬化すると、内部にパターンが残される。

【0087】

[0095] 「レンズ」という用語は、状況が許せば、屈折、反射、磁気、電磁気及び静電気光学コンポーネントを含む様々なタイプの光学コンポーネントのいずれか一つ、又はその組合せを指すことができる。

10

【0088】

[0096] 以上、本発明の特定の実施形態を説明したが、説明とは異なる方法でも本発明を実践できることが理解される。例えば、本発明は、上記で開示したような方法を述べる機械読み取り式命令の1つ又は複数のシーケンスを含むコンピュータプログラム、又はこのようなコンピュータプログラムを内部に記憶したデータ記憶媒体（例えば半導体メモリ、磁気又は光ディスク）の形態をとることができる。

【0089】

[0097] 例えば、上記検査方法を実施するために、実行可能コードを含むプログラミングを含むコンピュータシステムのソフトウェア機能を使用してもよい。ソフトウェアコードを汎用コンピュータによって実行可能にされてもよい。動作時には、コード及び場合によっては関連するデータ記録を汎用コンピュータプラットフォーム内に記憶してもよい。しかし、別の時には、ソフトウェアを別の位置に記憶し、及び／又は適切な汎用コンピュータシステムにロードするために転送してもよい。したがって、上記実施形態は、少なくとも1つの機械読み取り可能媒体に搭載される1つ又は複数のコードモジュールの形態の1つ又は複数のソフトウェアを含んでいる。コンピュータシステムのプロセッサによるこのようなコードの実行によって、プラットフォームは本明細書に記載し、図示する実施形態で実行される機能と基本的に同様の機能を実施することが可能になる。

20

【0090】

[0098] 本明細書で使用するコンピュータ又は機械「読み取り可能媒体」という用語は、プロセッサに実行命令を与えることに関与する任意の媒体を指す。このような媒体は、不揮発性媒体、揮発性媒体、及び伝送媒体を含むがこれらに限定されない多くの形態をとることができる。不揮発性媒体には、例えば、上記のように動作する任意のコンピュータ内の任意のストレージデバイスなどの光学又は磁気ディスクが含まれる。揮発性媒体には、コンピュータシステムのメインメモリなどのダイナミックメモリが含まれる。物理的伝送媒体には、コンピュータシステム内にバスを備えるワイヤを含む同軸ケーブル、銅線、及び光ファイバが含まれる。搬送波伝送媒体は、無線周波数（RF）及び赤外線（IR）データ通信中に生成されるような電気又は電磁信号、又は音響又は光信号の形態をとることができる。したがって、コンピュータ読み取り可能媒体の一般的な形態には、フロッピーディスク、フレキシブルディスク、ハードディスク、磁気テープ、その他の任意の磁気媒体、CD-ROM、DVD、他の任意の光学媒体、パンチカード、紙テープ、穿孔パターンを有するその他の任意の物理媒体などの一般にはそれほど使用されない媒体、RAM、PROM、及びEPROM、FLASH-EPRROM、他の任意のメモリチップ又はカートリッジ、データ又は命令を搬送する搬送波、このような搬送波を伝送するケーブル又はリンク、又はコンピュータがプログラミングコード及び／又はデータをそこから読み取り、又は送信可能なその他の任意の媒体が含まれる。これらの形態のコンピュータ読み取り可能媒体の多くは、1つ又は複数の命令のうち1つ又は複数のシーケンスを実行するためにプロセッサに搬送することに関与し得る。

30

【0091】

[0099] 特許請求の範囲を解釈するには、「発明の概要」及び「要約書」の項ではなく、

40

50

「発明を実施するための形態」の項を使用するよう意図されていることを認識されたい。 「発明の概要」及び「要約書」の項は、本発明者が想定するような本発明の1つ以上の例示的実施形態について述べることができるが、すべての例示的実施形態を述べることはできず、したがって本発明及び添付の特許請求の範囲をいかなる意味でも限定しないものとする。

【0092】

[00100] 以上では、特定の機能の実施態様を例示する機能的構成記憶要素及びその関係を用いて本発明について説明してきた。これらの機能的構成記憶要素の境界は、本明細書では説明の便宜を図って任意に画定されている。特定の機能及びその関係が適切に実行される限り、代替的な境界を画定することができる。

10

【0093】

[00101] 特定の実施形態に関する以上の説明は、本発明の全体的性質を十分に明らかにしているので、当技術分野の知識を適用することにより、過度の実験をせず、本発明の全体的概念から逸脱することなく、このような特定の実施形態を容易に修正する、及び/又はこれを様々な用途に適応させることができる。したがって、このような適応及び修正は、本明細書に提示された教示及び案内に基づき、開示された実施形態の同等物の意味及び範囲に入るものとする。本明細書の言葉遣い又は用語は説明のためのものであって、限定するものではなく、したがって本明細書の用語又は言葉遣いは、当業者には教示及び案内の観点から解釈されるべきことを理解されたい。

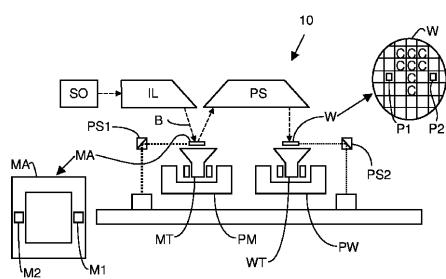
20

【0094】

[00102] 本発明の幅及び範囲は、上述した例示的実施形態のいずれによっても限定されず、特許請求の範囲及びその同等物によってのみ規定されるものである。

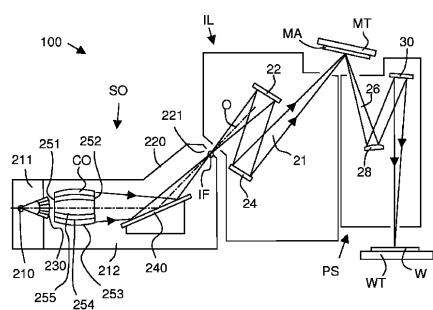
【図1】

Fig. 1



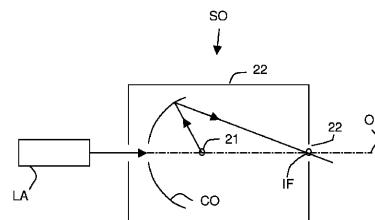
【図2】

Fig. 2



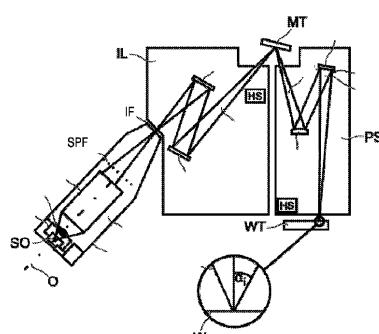
【図3】

Fig. 3



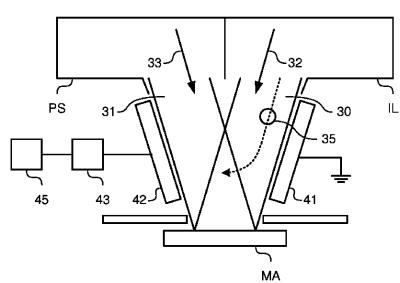
【図4】

Fig. 4

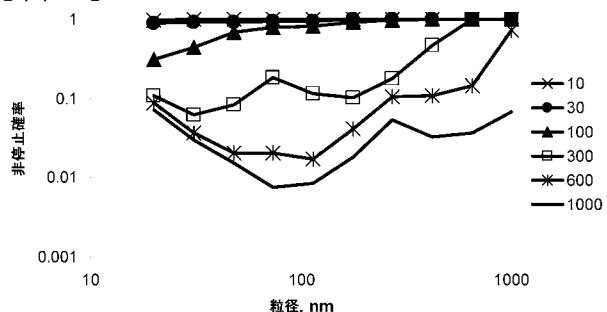


【図5】

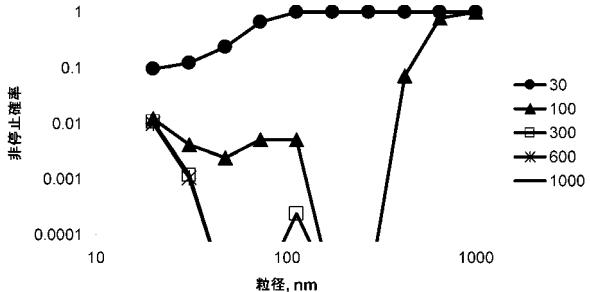
Fig. 5



【図6】

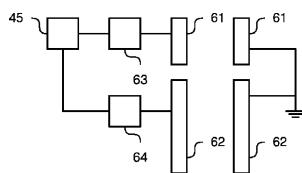


【図7】

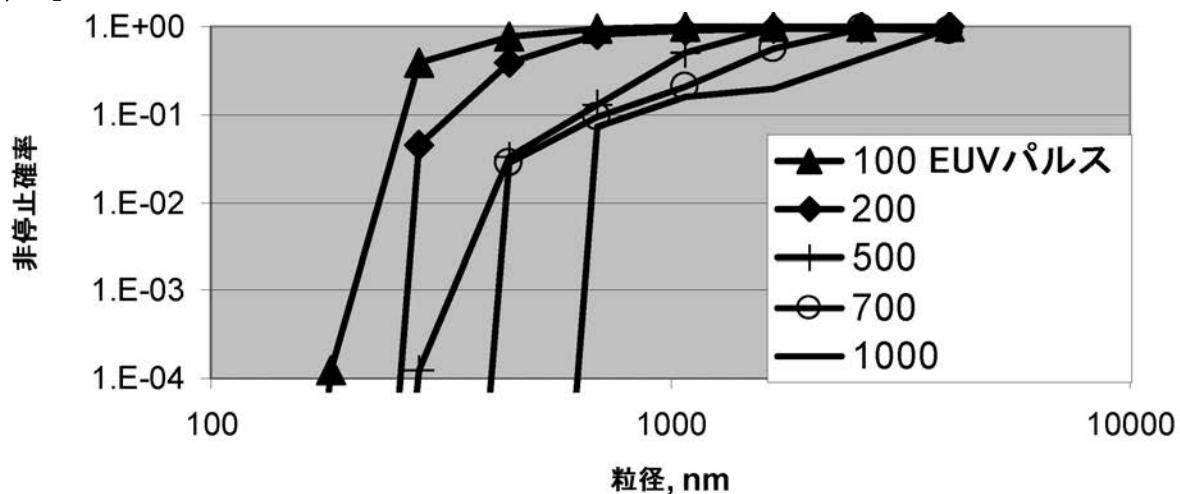


【図8】

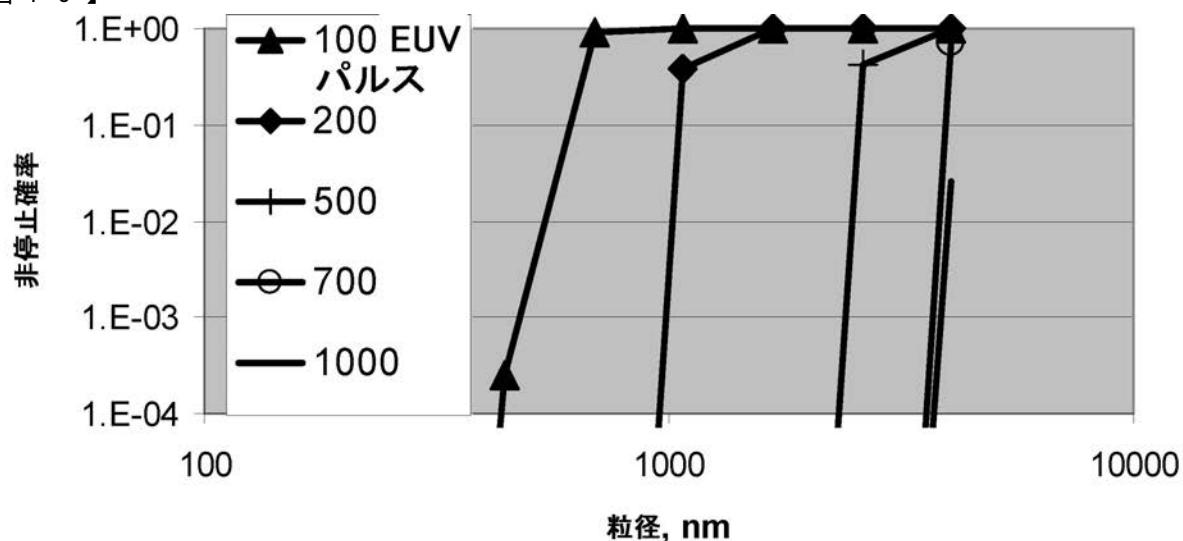
Fig. 8



【図9】



【図10】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2011/053171

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

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

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

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 726 993 A1 (ZEISS CARL SMT AG [DE]) 29 November 2006 (2006-11-29) paragraphs [0015] - [0026], [0033], [0041], [0042], [0055]; figures 2-4c -----	1-20, 25-28
A	US 2002/096647 A1 (MOORS JOHANNES HUBERTUS JOSEPH [NL] ET AL) 25 July 2002 (2002-07-25) cited in the application paragraphs [0027] - [0029], [0032], [0079]; figure 2 -----	1-20, 25-28
A	EP 1 223 468 A1 (ASML NETHERLANDS BV [NL]) 17 July 2002 (2002-07-17) paragraphs [0029] - [0031], [0034] - [0037]; figures 2,3 ----- -/-	1,21-28



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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

Date of mailing of the international search report

20 September 2011

04/10/2011

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Roesch, Guillaume

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No PCT/EP2011/053171

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 2004/179182 A1 (BAKKER LEVINUS PIETER [NL]) 16 September 2004 (2004-09-16) paragraphs [0056] - [0066], [0073] -----	1-28

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No
PCT/EP2011/053171

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)		Publication date
EP 1726993	A1 29-11-2006	NONE		
US 2002096647	A1 25-07-2002	DE 60118669 T2 JP 3947374 B2 JP 2002124463 A KR 20020016564 A TW 550659 B US 2002109828 A1		11-01-2007 18-07-2007 26-04-2002 04-03-2002 01-09-2003 15-08-2002
EP 1223468	A1 17-07-2002	NONE		
US 2004179182	A1 16-09-2004	CN 1514305 A JP 3972207 B2 JP 2004207736 A KR 20040056374 A SG 131768 A1 TW I255394 B		21-07-2004 05-09-2007 22-07-2004 30-06-2004 28-05-2007 21-05-2006

フロントページの続き

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

(72)発明者 シデルニコブ, ユリイ
ロシア国, トロイツク, 142190, オクトヤプラスキ ピーアール. 2-128
(72)発明者 スキカラロツツイ, ルイージ
オランダ国, ヴァルケンスワルド エヌエル- 5554 ケーディー, デ メーレ 39
(72)発明者 ネルホフ, ヘンドリック
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル- 5629 ジーケー, ロビンリング 56
(72)発明者 ヤクニン, アンドレイ
オランダ国, アイントホーフェン エヌエル- 5653 ケーディー, アウダエン 117
(72)発明者 ループストラ, エリック ルーロフ
オランダ国, アイントホーフェン 5613 イーエス, ラーケンストラート 32-34
(72)発明者 バニエ, バディム, エヴィジエンエビッチ
オランダ国, ドゥールネ 5751 エスピー, エエンドラヒト 21
(72)発明者 プルルス, リチャード, ヨセフ
オランダ国, アイントホーフェン 5652 エルディー, ノルト ブラバントラーン 139
F ターム(参考) 2H097 BA04 CA15 LA10
3B116 AA47 AB53 BC01 CD24 CD43
5F146 AA17 GA21 GA24 GA28
5F157 AA73 AA91 AB42 BG48 BH14 BH21 CC11 CE21 CE89 CF46
DA21 DB47 DC90