

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号  
特許第7635385号  
(P7635385)

(45)発行日 令和7年2月25日(2025.2.25)

(24)登録日 令和7年2月14日(2025.2.14)

(51)国際特許分類		F I			
G 0 3 F	7/20 (2006.01)	G 0 3 F	7/20	5 0 3	
G 0 3 F	1/84 (2012.01)	G 0 3 F	1/84		
H 0 5 G	2/00 (2006.01)	H 0 5 G	2/00		K

請求項の数 30 (全22頁)

(21)出願番号	特願2023-536090(P2023-536090)	(73)特許権者	500049141 ケーエルエー コーポレーション アメリカ合衆国 カリフォルニア ミルピ タス ワン テクノロジー ドライブ
(86)(22)出願日	令和3年12月8日(2021.12.8)	(74)代理人	110001210 弁理士法人Y K I 国際特許事務所
(65)公表番号	特表2024-502549(P2024-502549 A)	(72)発明者	シュウ ジアン アメリカ合衆国 カリフォルニア サン ノゼ ビエモント ロード 1 3 9 4
(43)公表日	令和6年1月22日(2024.1.22)	(72)発明者	ウィルソン ローレン アメリカ合衆国 カリフォルニア サン ノゼ イースト ジュリアン ストリート 9 4 1
(86)国際出願番号	PCT/US2021/062333	審査官	田中 秀直
(87)国際公開番号	WO2022/146633		
(87)国際公開日	令和4年7月7日(2022.7.7)		
審査請求日	令和6年9月13日(2024.9.13)		
(31)優先権主張番号	17/138,764		
(32)優先日	令和2年12月30日(2020.12.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	米国(US)		
早期審査対象出願			

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 広帯域光の連続生成のためのレーザおよびドラム制御

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

広帯域光源であって、  
 プラズマ形成ターゲット材料で少なくとも部分的にコーティングされた回転ドラムと、  
 前記回転ドラムを回転させるように構成された回転アクチュエータと、  
 前記回転ドラムを軸方向に並進させるように構成されているリニアアクチュエータと、  
 前記回転ドラムに接続され、前記回転ドラムの回転位置を示すロータリエンコーダと、  
 ここで、前記ロータリエンコーダは、ダブルシーケンスエンコーダ又はトリプルシーケ  
 スエンコーダの少なくともいずれかを含み、  
 前記回転ドラムに接続され、前記回転ドラムの軸方向位置を示すリニアエンコーダと、  
 前記回転アクチュエータが前記回転ドラムを回転させ、前記リニアアクチュエータが前  
 記回転ドラムを軸方向に並進させるとき、前記プラズマ形成ターゲット材料を励起し、広  
 帯域光を放出するために、前記回転ドラムの材料コーティング部分上のスポットの組にパ  
 ルス照明を向けるように構成されるレーザ源と、  
 前記ロータリエンコーダから1つ以上の回転位置インジケータを受け取り、前記ロータ  
 リエンコーダからの前記1つ以上の回転位置インジケータに基づいて前記レーザ源のトリ  
 ガを制御するように構成される制御システムと、  
 を備え、

10

前記ダブルシーケンスエンコーダは、2組のインデックスを含み、第1の組のインデッ  
 クスは、ダウンストローク中の前記レーザ源のトリガ基準として使用され、第2の組のイ

20

インデックスは、アップストローク中の前記レーザ源のトリガ基準として使用され、前記トリプルシーケンスエンコーダは、3組のインデックスを含み、第1の組のインデックスは、ダウンストローク中の前記レーザ源のトリガ基準として使用され、第2の組のインデックスは、アップストローク中の前記レーザ源のトリガ基準として使用され、第3の組のインデックスは、ダウンストロークスポットとアップストロークスポットとの間の遷移領域を提供する広帯域光源。

【請求項2】

前記スポットの組は、  
スパイラルパターンに配置された第1の組のスポットと、  
スパイラルパターンに配列された第2の組のスポットであり、前記第1の組のスポットおよび第2の組のスポットは、第2の組のスポットからのスポットが前記第1の組のスポットからのスポットと重複しないように交互配置される、第2の組のスポットと、  
を含むことを特徴とする請求項1に記載の光源。

10

【請求項3】

前記ロータリエンコーダは、前記レーザ源のトリガ基準として機能することを特徴とする請求項1に記載の光源。

【請求項4】

前記制御システムは、前記ロータリエンコーダからの前記1つ以上の回転位置インジケータまたは前記リニアエンコーダからの1つ以上の軸方向位置インジケータの少なくとも1つに基づいて前記回転ドラムの回転および軸方向運動を制御するようにさらに構成されることを特徴とする請求項1に記載の光源。

20

【請求項5】

前記制御システムは、前記第2の組のスポットからのスポットが前記第1の組のスポットからのスポットと重ならないように前記第2の組のスポットをオフセットするために、前記回転ドラムの折り返し部分の開始時に前記回転ドラムを加速させ、前記回転ドラムの折り返し部分の終了時に前記回転ドラムを減速させるように前記回転アクチュエータに指示するように構成されることを特徴とする請求項2に記載の光源。

【請求項6】

前記制御システムは、前記レーザ源のトリガを1つ以上のセンサのデータ取得サイクルと同期させるように構成されることを特徴とする請求項1に記載の光源。

30

【請求項7】

前記制御システムは、  
前記回転アクチュエータおよび前記リニアアクチュエータに通信可能に結合され、前記回転ドラムの回転運動を制御するために前記回転アクチュエータを制御し、前記回転ドラムの軸方向運動を制御するために前記リニアアクチュエータを制御するように構成された運動コントローラと、

レーザ源に通信可能に結合され、ロータリエンコーダからの位置情報に基づきレーザ源のトリガを制御するように構成されるレーザコントローラと、

前記ロータリエンコーダまたは前記リニアエンコーダの少なくとも1つからの位置情報に基づき、前記運動コントローラに位置フィードバック情報を提供するように構成されるプロセスコントローラと、

40

を含むことを特徴とする請求項1に記載の光源。

【請求項8】

前記レーザ源はパルスレーザ源を含むことを特徴とする請求項1に記載の光源。

【請求項9】

前記プラズマ形成ターゲット材料の励起にตอบสนองして生成されるプラズマから発せられる照明を受け取るように構成される1つ以上の集光光学素子をさらに含む請求項1に記載の光源。

【請求項10】

前記回転ドラムは、シリンダであることを特徴とする請求項1に記載の光源。

50

## 【請求項 1 1】

前記回転ドラムの以前に照射された部分を前記プラズマ形成ターゲット材料で再コーティングするように構成された材料源をさらに含む請求項 1 に記載の光源。

## 【請求項 1 2】

前記プラズマ形成ターゲット材料は、凍結キセノンまたは凍結二酸化炭素の少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の光源。

## 【請求項 1 3】

放出された広帯域光は、軟 X 線広帯域光または E U V 広帯域光のうちの少なくとも 1 つを含むことを特徴とする請求項 1 に記載の光源。

## 【請求項 1 4】

検査システムであって、  
照明サブシステムであって、  
プラズマ形成ターゲット材料で少なくとも部分的にコーティングされた回転ドラムと、  
前記回転ドラムを回転させるように構成された回転アクチュエータと、  
前記回転ドラムを軸方向に並進させるように構成されるリニアアクチュエータと、  
前記回転ドラムに接続され、前記回転ドラムの回転位置を示すロータリエンコーダと、  
ここで、前記ロータリエンコーダは、ダブルシーケンスエンコーダ又はトリプルシーケンスエンコーダの少なくともいずれかを含み、

前記回転ドラムに接続され、前記回転ドラムの軸方向位置を示すリニアエンコーダと、  
前記回転アクチュエータが前記回転ドラムを回転させ、前記リニアアクチュエータが前記回転ドラムを軸方向に並進させるとき、前記プラズマ形成ターゲット材料を励起し、  
広帯域光を放出するために、前記回転ドラムの材料コーティング部分上のスポットの組にパルス照明を向けるように構成されるレーザ源と、

前記ロータリエンコーダから 1 つ以上の回転位置インジケータを受け取り、前記ロータリエンコーダからの前記 1 つ以上の回転位置インジケータに基づいて前記レーザ源のトリガを制御するように構成される制御システム、

を備える照明サブシステムと、  
前記プラズマ形成ターゲット材料の励起に応答して生成されるプラズマから発せられる照明を集光するように構成された 1 つ以上の集光光学系と、

前記 1 つ以上の集光光学系からの照明をステージ上に配置された 1 つ以上の試料に向けてるように構成された照明光学系の組と、

検出器と、  
前記 1 つ以上の試料の表面から照明を受け取り、前記 1 つ以上の試料からの照明を前記検出器に向けてるように構成される投影光学系の組と、  
を備え、

前記ダブルシーケンスエンコーダは、2組のインデックスを含み、第1の組のインデックスは、ダウンストローク中の前記レーザ源のトリガ基準として使用され、第2の組のインデックスは、アップストローク中の前記レーザ源のトリガ基準として使用され、前記トリプルシーケンスエンコーダは、3組のインデックスを含み、第1の組のインデックスは、ダウンストローク中の前記レーザ源のトリガ基準として使用され、第2の組のインデックスは、アップストローク中の前記レーザ源のトリガ基準として使用され、第3の組のインデックスは、ダウンストロークスポットとアップストロークスポットとの間の遷移領域を提供する検査システム。

## 【請求項 1 5】

前記検査システムは、ウェハ検査システムとして構成されることを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

## 【請求項 1 6】

前記検査システムは、レチクル又はフォトマスク検査システムとして構成されることを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

## 【請求項 1 7】

10

20

30

40

50

前記照明は極紫外線を含むことを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

【請求項 1 8】

前記スポットの組は、

スパイラルパターンに配置された第 1 の組のスポットと、

スパイラルパターンに配置された第 2 の組のスポットであり、前記第 1 の組のスポットおよび第 2 の組のセットのスポットは、第 2 の組のスポットからのスポットが前記第 1 の組のスポットからのスポットと重複しないように交互配置される、第 2 の組のスポットと、を含むことを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

【請求項 1 9】

前記ロータリエンコーダは、前記レーザ源のトリガ基準として機能することを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

10

【請求項 2 0】

前記制御システムは、前記ロータリエンコーダからの前記 1 つ以上の回転位置インジケータまたは前記リニアエンコーダからの 1 つ以上の軸方向位置インジケータの少なくとも 1 つに基づいて前記回転ドラムの回転および軸方向運動を制御するようにさらに構成されることを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

【請求項 2 1】

前記制御システムは、前記第 2 の組のスポットからのスポットが前記第 1 の組のスポットからのスポットと重ならないように前記第 2 の組のスポットをオフセットするために、前記回転ドラムの折り返し部分の始まりで前記回転ドラムを加速させ、前記回転ドラムの折り返し部分の終わりで前記回転ドラムを減速させるように前記回転アクチュエータに指示するように構成されることを特徴とする請求項 1 8 に記載の検査システム。

20

【請求項 2 2】

前記制御システムは、前記レーザ源のトリガを 1 つ以上のセンサのデータ取得サイクルと同期させるように構成されることを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

【請求項 2 3】

前記制御システムは、

前記回転アクチュエータおよび前記リニアアクチュエータに通信可能に結合され、前記回転ドラムの回転運動を制御するために回転アクチュエータを制御し、前記回転ドラムの軸方向運動を制御するために前記リニアアクチュエータを制御するように構成された運動コントローラと、

30

前記レーザ源に通信可能に結合され、前記ロータリエンコーダからの位置情報に基づき前記レーザ源のトリガを制御するように構成されるレーザコントローラと、

前記ロータリエンコーダまたは前記リニアエンコーダの少なくとも 1 つからの位置情報に基づき、前記運動コントローラに位置フィードバック情報を提供するように構成されるプロセスコントローラと、

を備える請求項 1 4 に記載の検査システム。

【請求項 2 4】

前記レーザ源はパルスレーザ源を含むことを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

40

【請求項 2 5】

前記プラズマ形成ターゲット材料の励起に応答して生成されるプラズマから発せられる照明を受け取るように構成される 1 つ以上の集光光学素子をさらに含む請求項 1 4 に記載の検査システム。

【請求項 2 6】

前記回転ドラムは、シリンダであることを特徴とする請求項 1 4 に記載の検査システム。

【請求項 2 7】

前記回転ドラムの以前に照射された部分を前記プラズマ形成ターゲット材料で再コーティングするように構成された材料源をさらに含む請求項 1 4 に記載の検査システム。

【請求項 2 8】

50

前記プラズマ形成ターゲット材料は、凍結キセノンまたは凍結二酸化炭素の少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項14に記載の検査システム。

【請求項29】

放出された広帯域光は、軟X線広帯域光またはEUV広帯域光のうちの少なくとも1つを含むことを特徴とする請求項14に記載の検査システム。

【請求項30】

方法であって、

プラズマ形成ターゲット材料でコーティングされた回転ドラムを回転させるステップと、前記回転ドラムを軸方向に作動させるステップと、

前記回転ドラムに接続されたロータリエンコーダから回転位置情報を取得するステップと、ここで、前記ロータリエンコーダは、ダブルシーケンスエンコーダ又はトリプルシーケンスエンコーダの少なくともいづれかを含み、

前記回転ドラムのダウンストロークのための第1の組の目標位置と、前記第1の組の目標位置からオフセットされた前記回転ドラムのアップストロークのための第2の組の目標位置とを形成するために、前記ロータリエンコーダから取得された回転位置情報に基づいてパルスレーザ源をトリガするステップと、

前記回転ドラムの以前にターゲットにされたスポットを前記プラズマ形成ターゲット材料で再コーティングするステップと、

を備え、前記ダブルシーケンスエンコーダは、2組のインデックスを含み、第1の組のインデックスは、ダウンストローク中の前記パルスレーザ源のトリガ基準として使用され、第2の組のインデックスは、アップストローク中の前記パルスレーザ源のトリガ基準として使用され、前記トリプルシーケンスエンコーダは、3組のインデックスを含み、第1の組のインデックスは、ダウンストローク中の前記パルスレーザ源のトリガ基準として使用され、第2の組のインデックスは、アップストローク中の前記パルスレーザ源のトリガ基準として使用され、第3の組のインデックスは、ダウンストロークスポットとアップストロークスポットとの間の遷移領域を提供する方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本開示は、概して広帯域照明の生成に関し、より詳細には、パルスレーザとターゲット材料で覆われた回転ドラムとを介した広帯域照明の生成に関する。

【背景技術】

【0002】

ますます小さいフィーチャを有するリソグラフィベースのデバイス構造に対する需要が増加し続けるにつれて、これらのますます縮小するデバイスをリソグラフィで印刷する関連するレチクルの検査に使用される改良された照明源の必要性が増大し続けている。そのような照明源の1つは、極端紫外(EUV)光源を含む。EUV光を生成する1つの方法は、キセノンなどの固体(凍結)プラズマ形成ターゲット材料の均一に厚い層でコーティングされたシリンダを回転させ、キセノンを励起してプラズマを生成するのに適したパルスレーザでシリンダのキセノンコーティング部分を露光することを含む。さらに、次の照射パルスの前に、円筒を回転および/または平行移動させて、固体キセノンの新鮮な領域を露出させなければならない。シリンダが回転すると、ガス状キセノンがシリンダの表面の冷たい非照明部分に噴霧され、レーザによって消費されるキセノン氷の部分を経時的に充填するために、以前に照明されたスポットにおいて凍結キセノン層を改質してもよい。特定のスポットまたはゾーンは、十分な時間が経過するまで再び露光されず、固体キセノン表面がその元の状態に戻ることを可能にする。隣接するスポットは、シリンダ表面への損傷を防止するために、ある最小距離だけ分離されなければならない。

【0003】

関連する集光光学系は既知の位置に位置合わせされなければならない、移動するプラズマ源に従うことができないので、プラズマ生成は固定位置で行われる。プラズマ位置を固定

する必要性により、移動する照明器レーザースポットの使用が妨げられる。これは、EUV光源を含む用途において課題を生み出す。最大の動作時間及び検査の均一性を可能にするために、検査ツールは、中断されず、むしろ長期間（例えば、数ヶ月）にわたって選択されたパルス周波数で動作するパルスEUV光源を有するべきである。

#### 【0004】

回転シリンダ上で固体キセノンを使用するEUV光の生成は、一般に2つの方法で達成されてきた。第1に、一定速度で回転するシリンダは、一端から他端まで軸方向にゆっくりと移動し、シリンダに沿ってスポットの螺旋を形成する。螺旋がキセノン氷の使用可能な長さの頂部と交差するとき、照射レーザーは、シリンダの垂直移動が停止するまで遮断またはオフにされ、移動方向は逆転される。同じ場所の後続の照射レーザー曝露の間の総時間長は、キセノン氷が再形成されることを可能にするのに充分でなければならない。第1の方法は、非連続的な照明出力を提供するので望ましくない。第2の方法では、シリンダは、中断されないパターンでレーザー源によって露光され、シリンダ表面上の標的領域の再調整を可能にする。この方法では、プラズマターゲットは、第1の螺旋パターン（上方経路）および戻りの第2の螺旋パターン（下方経路）で形成され得る。第2の螺旋パターンは、第1の螺旋パターンと交互配置されてよく、これはEUV照明の連続的な生成を可能にする。そのようなアプローチは、その全体が参照により本明細書に組み込まれる米国特許第8,963,110号に記載されている。第2の方法は、上向き経路および下向き戻り経路の間のレーザーレータ重複の潜在性に悩まされる。加えて、ターンアラウンド領域（すなわち、アップパスからダウンパスへの遷移）の間、第2の方法は、最初にシリンダの加速を必要とし、次いで、レーザーコラムをシフトするためにシリンダの減速を必要とし、これは、運動制御を比較的複雑にし、また、機械的および信頼性の課題をもたらす。第2の方法は、シリンダの回転および回転ドラムの垂直作動の能動的制御を必要とする。

#### 【先行技術文献】

#### 【特許文献】

#### 【0005】

【文献】米国特許出願公開第2017/0142817号

#### 【発明の概要】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0006】

したがって、上記で特定された以前の解決策の欠点を解決する方法およびシステムを提供することが望ましい。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0007】

本開示の1つ以上の実施形態による広帯域光源が開示される。実施形態では、広帯域光源は、プラズマ形成ターゲット材料で少なくとも部分的にコーティングされた回転ドラムを含む。実施形態では、広帯域光源は、回転ドラムを回転させるように構成された回転アクチュエータを含む。実施形態では、広帯域光源は、回転ドラムを軸方向に並進させるように構成されたリニアアクチュエータを含む。実施形態では、広帯域光源は、回転ドラムに接続されたロータリエンコーダを含み、ロータリエンコーダは、回転ドラムの回転位置を示す。実施形態では、広帯域光源は、回転ドラムに接続されたリニアエンコーダを含み、リニアエンコーダは、回転ドラムの軸方向位置を示す。実施形態では、広帯域光源は、回転アクチュエータが回転ドラムを回転させ、リニアアクチュエータが回転ドラムを軸方向に並進させるとき、プラズマ形成ターゲット材料を励起し、広帯域光を放出するために、回転ドラムの材料コーティング部分上のスポットの組（セット）にパルス照明を向けるように構成されたレーザー源を含む。実施形態では、広帯域光源は、制御システムを含み、制御システムは、ロータリエンコーダから1つ以上の回転位置インジケータを受け取り、ロータリエンコーダからの1つ以上の回転位置インジケータに基づいてレーザー源のトリガを制御するように構成される。実施形態では、広帯域光源は、ウェハまたはマスク/レチクル検査システム内に組み込まれる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 0 8 】

本開示の1つ以上の実施形態による広帯域光を生成する方法が開示される。実施形態では、方法は、プラズマ形成ターゲット材料でコーティングされた回転ドラムを回転させることを含む。実施形態では、方法は、回転可能ドラムを軸方向に作動させることを含む。実施形態では、方法は、回転ドラムに接続されたロータリエンコーダから回転位置情報を取得することを含む。実施形態では、本方法は、回転ドラムのダウンストロークのための第1の組の目標位置と、第1の組の目標位置からオフセットされた回転ドラムのアップストロークのための第2の組の目標位置とを形成するために、ロータリエンコーダから取得された回転位置情報に基づいてパルスレーザ源をトリガするステップを含む。実施形態では、方法は、回転ドラムの以前に標的とされたスポットをプラズマ形成ターゲット材料で再コーティングすることを含む。

10

## 【 0 0 0 9 】

前述の概要および以下の詳細な説明の両方は、例示的および説明的なものにすぎず、必ずしも本開示を限定するものではないことを理解されたい。本明細書に組み込まれ、本明細書の一部を構成する添付の図面は、本開示の主題を示す。説明及び図面は共に、本開示の原理を説明する役割を果たす。

## 【 0 0 1 0 】

本開示の多数の利点は、添付の図面を参照することによって当業者によってよりよく理解され得る。

## 【 図面の簡単な説明 】

20

## 【 0 0 1 1 】

【 図 1 A 】本開示の1つ以上の実施形態による、連続的またはほぼ連続的なプラズマベースの照明出力を生成するための広帯域光源の簡略化された概念図を示す。

【 図 1 B 】本開示の1つ以上の実施形態による、連続的またはほぼ連続的なプラズマベースの照明出力を生成するための広帯域光源の簡略化された概念図を示す。

【 図 2 】本開示の1つ以上の実施形態による、広帯域ソースの1つ以上の特性を制御するための制御システムのブロック図を示す。

【 図 3 】本開示の1つ以上の実施形態による、広帯域光源の回転ドラムの表面にわたって分散されたスポットの第1の組およびスポットの第2の組の概念図を示す。

【 図 4 】本開示の1つ以上の実施形態による、広帯域光源の回転ドラムの表面上にターゲットスポットのインターレースされたセットを生成することが可能な単一のトリガシーケンスを有するエンコーダを示す図である。

30

【 図 5 】本開示の1つ以上の追加および/または代替の実施形態による、広帯域光源の回転ドラムの表面にわたって分散されたスポットの第1の組およびスポットの第2の組の概念図を示す。

【 図 6 】本開示の1つ以上の実施形態による、広帯域光源の回転ドラムの表面上にターゲットスポットのインターレースされた組を生成することが可能な2つのトリガシーケンスを有するエンコーダを示す図である。

【 図 7 】本開示の1つ以上の追加および/または代替の実施形態による、広帯域光源の回転ドラムの表面にわたって分散されたスポットの第1の組およびスポットの第2の組の概念図を示す。

40

【 図 8 】本開示の1つ以上の実施形態による、広帯域光源の回転ドラムの表面上にターゲットスポットおよび遷移スポットのインターレースされた組を生成することができる3つのトリガシーケンスを有するエンコーダを示す図である。

【 図 9 】本開示の1つ以上の追加および/または代替の実施形態による、広帯域光源の回転ドラムの表面にわたって分散されたスポットの第1の組およびスポットの第2の組の概念図を示す。

【 図 1 0 】本開示の1つ以上の追加および/または代替の実施形態による、広帯域光源の回転ドラムの表面にわたって分散されたスポットの第1の組およびスポットの第2の組の概念図を示す。

50

【図 1 1】本開示の一実施形態による広帯域光源を組み込んだ検査システムのブロック図を示す。

【図 1 2】本開示の 1 つ以上の実施形態による、連続的またはほぼ連続的な広帯域光を生成するための方法を示す流れ図を示す。

【発明を実施するための形態】

【0012】

ここで、添付の図面に示される開示された主題を詳細に参照する。

【0013】

図 1 A ~ 図 1 2 は、概して、本開示の 1 つ以上の実施形態による、連続的またはほぼ連続的なプラズマベースの照明出力を生成するためのシステムおよび方法の実施形態を示す。

10

【0014】

本開示の実施形態は、プラズマ形成材料（例えば、凍結キセノンまたは二酸化炭素）で覆われた回転ドラム（例えば、シリンダ）の露光を対象とし、これは、照明源（例えば、パルスレーザ）を介して励起され、一組の中断されない標的場所から広帯域光（例えば、広帯域 E U V 光又は軟 X 線光）を放出し得る。本開示の実施形態は、レーザトリガ基準としての役割を果たすロータリエンコーダの実装を対象とする。レーザトリガ基準としてのロータリエンコーダの利用は、ドラムを横断するレーザの上向きおよび下向き経路中に引き起こされるレーザクレータの重複を排除するか、または少なくとも低減する。ターゲット材料は、ドラムが回転および平行移動して新しいターゲット表面を提供し、スパイラル（螺旋）パターンを作り出すときに、レーザで打たれた後に回復するのにある程度の時間を必要とする。最近影響を受けた場所（すなわち、クレータ）の 1 つにレーザが衝突することなくドラムが方向を逆転しなければならないので、移動経路の上部および底部は最大の課題を提示する。本開示の実施形態は、i) 折り返し（ターンアラウンド）位置においてレーザ周波数をわずかに調整することによってこの問題を解決する；あるいは、ii) シリンダの回転速度を調整して同様の効果を達成する。本開示の実施形態は、折り返し（ターンアラウンド）領域中に 1 回転の時間に 1 列だけクレータ間隔をシフトすることを対象とする。i) レーザトリガ基準としてのロータリエンコーダの使用の組み合わせ；ii) クレータ間隔のシフトは、信頼性を改善しながら、一定の照射レーザパルス周波数、より容易なシリンダ制御、およびより少ない機械的設計課題を可能にする。いずれの実装においても、エンコーダは、同じ目標位置が短すぎる時間枠内で 2 回影響を受けないことを確実にするために利用される。追加の実施形態では、エンコーダ情報を使用して、レーザパルスを検査ツールのセンサ/カメラと同期させることもできる。

20

30

【0015】

本開示の追加の実施形態は、本明細書に記載のプラズマベースの回転ドラム源を組み込んだレチクル検査システム、ウェハ検査システム、またはリソグラフィシステム（または他の光学システム）を提供する。

【0016】

図 1 A および図 1 B は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、連続的またはほぼ連続的なプラズマベースの照明出力を生成するための広帯域光源 100 の簡略化された概念図を示す。

40

【0017】

実施形態では、広帯域源 100 は、軸の周りの回転に適した回転ドラム 102 を含む。例えば、ドラム 102 は、図 1 A に示すようにシリンダであってもよい。他の実施形態では、ドラム 102 は、当技術分野で知られている任意の円筒対称形状を含む。例えば、ドラム 102 は、円筒、円錐、球、楕円体などを含むことができるが、これらに限定されない。また、ドラム 102 は、2 つ以上の形状からなる複合形状を有していてもよい。本明細書では、説明の便宜上、広帯域源 100 および関連する実施形態は、図 1 A に示すように、回転可能または回転するドラム 102 の文脈で説明されるが、この実施形態は、本開示の範囲に対する限定として解釈されるべきではないことに留意されたい。

【0018】

50

実施形態では、ドラム 102 は、プラズマ形成ターゲット材料 103 で少なくとも部分的にコーティングされる。ターゲット材料 103 は、ドラム 102 の表面に配置された固体材料を含むことができる。プラズマ形成ターゲット材料 103 は、照明源によって励起されるとプラズマを生成し、その後広帯域光を放出する、当技術分野で知られている任意の材料を含むことができる。プラズマによって放出される広帯域光は、広帯域軟 X 線光、広帯域 E U V 光、広帯域 D U V 光、広帯域 V U V 光、広帯域 U V 光、広帯域可視光、及び / 又は広帯域 I R 光を含んでもよいが、これらに限定されない。例えば、ターゲット材料 103 は、ドラム 102 の表面上に凍結されたキセノンを含んでもよいが、これに限定されない。ターゲット材料 103 としての凍結キセノンの利用は、広帯域 E U V 光を生成する状況において特に有用であり得ることに留意されたい。別の例として、ターゲット材料 103 は、ドラム 102 の表面上に凍結された二酸化炭素を含んでもよいが、これに限定されない。ターゲット材料 103 としての凍結二酸化炭素の利用は、広帯域軟 X 線光を生成する状況において特に有用であり得ることに留意されたい。

10

#### 【0019】

実施形態では、広帯域光源 100 は、パルス照明源 104 を含む。パルス照明源 104 は、当技術分野で知られている任意のパルス照明源または変調照明源を含むことができる。例えば、パルス源 104 は、パルスレーザを含んでもよいが、これに限定されない。さらに、パルス照明源は、材料 103 内でプラズマを開始および / または維持するのに適している。例えば、パルス照明源 104 は、限定はしないが、1 つ以上の赤外線 ( I R ) レーザを含むことができる。例えば、パルス照明源 104 は、1 つ以上の C O <sub>2</sub> レーザを含んでもよいが、それらに限定されない。

20

#### 【0020】

実施形態では、広帯域源 100 は、ドラム 102 を回転および軸方向に作動させるように構成された 1 つ以上のアクチュエータを含む。実施形態では、広帯域源 100 は、ドラム 102 を軸を中心に回転させるように構成された回転アクチュエータ 107 を含む。回転アクチュエータ 107 は、限定はしないが、1 つ以上のサーボモータを含む、当技術分野で知られている任意の回転アクチュエータを含むことができる。さらに、広帯域源 100 は、軸方向 111 (例えば、図 1 A に示される例における垂直方向である) に沿ってドラム 102 を平行移動させるように構成されたリニアアクチュエータを含むことができる。本明細書では、本開示は、図 1 A の回転アクチュエータ 107 およびリニアアクチュエータ 111 に限定されないことが認識される。したがって、上記で提供された説明は、単に例示として解釈されるべきである。例えば、パルス源 104 は、ドラム 102 に対するビーム 105 の平行移動を提供する作動ステージ (図示せず) 上に配置されてもよい。

30

#### 【0021】

リニアアクチュエータ 111 によって与えられる軸方向運動および回転アクチュエータ 107 によって引き起こされるドラム 102 の回転運動は、ドラム 102 の表面を横切るスポットの組におけるパルス照明 105 の追跡を可能にする。スポットの組は、第 1 のスパイラルパターンで配列される第 1 のスポットの組と、第 2 のスパイラルパターンで配列される第 2 のスポットの組とを含んでもよい。第 1 の組のスポットおよび第 2 の組のスポットは、第 2 の組のスポットからのスポットが第 1 の組のスポットからのスポットと重ならないように交互配置される。これに関して、第 1 の組のスポットは、ドラム 102 の回転および軸方向加速中に第 1 のスパイラルパターンを形成し得るが、第 2 の組のスポットは、第 1 のパターンと重なり合うのを回避する戻りの第 2 のスパイラルパターンを形成する。そのようなパターンの例は、本明細書でさらに詳細に論じられる。

40

#### 【0022】

実施形態では、広帯域源 100 は、1 つ以上のエンコーダを含む。例えば、図 1 B に示すように、システムはロータリエンコーダ 116 を含むことができる。ロータリエンコーダ 116 は、回転アクチュエータ 107 (例えば、サーボモータ) に機械的に取り付けられてもよい。この意味で、ロータリエンコーダ 116 は、回転アクチュエータ 107 と統合されてもよく、回転ドラム 102 の回転位置を示すように構成されてもよく、回転ドラ

50

ムは、シャフトを介して回転アクチュエータ 107 に連結される。実施形態では、ロータリエンコーダ 116 からの位置インジケータ情報は、制御システム 114 を介してロータリエンコーダ 116 から電子的に読み出され得る（例えば、ロータリエンコーダ 116 からの電線を介して）。次いで、この位置インジケータ情報は、パルスレーザ源 104 および/または回転ドラム 102 の運動を制御または調整するために制御システム 114 によって利用され得る。例えば、ロータリエンコーダ 116 からの位置インジケータ情報は、パルスレーザ源 104 のトリガ基準として使用されてもよい。別の例として、ロータリエンコーダ 114 からの位置インジケータ情報は、ドラム 102 の回転/直線速度（例えば、回転作動 107 および/またはリニアアクチュエータ 111 を制御することによって、）を調整するために使用され得る。追加の実施形態では、位置インジケータ情報は、制御システム 114 によって利用されて、パルス照明源 104 と、検査試料からの照明を検出する検出器（例えば、カメラ又は 1 つ以上のセンサである）とを同期させることができる。実施形態では、広帯域源 100 は、ドラム 102 の特定の態様を制御するためにリニアエンコーダ 118 を利用することができる。リニアエンコーダ 118 は、リニアアクチュエータ 107 に機械的に取り付けられてもよい。この意味で、リニアエンコーダ 118 は、リニアアクチュエータ 111 と統合されてもよく、回転ドラム 102 の軸方向（例えば、垂直）位置を示すように構成されてもよい。実施形態では、リニアエンコーダ 118 からの位置インジケータ情報はまた、制御システム 114 を介してリニアエンコーダ 118 から電子的に読み出され得る（例えば、リニアエンコーダ 118 からの電線を介して）。次いで、リニアエンコーダ 118 からの位置インジケータ情報は、パルスレーザ源 104 および/または回転ドラム 102 の運動を制御または調整するために制御システム 114 によって利用され得る。例えば、リニアエンコーダ 118 からの位置インジケータ情報は、パルスレーザ源 104 のトリガ基準として使用され得る。別の例として、リニアエンコーダ 118 からの位置インジケータ情報は、ドラム 102 の回転/直線速度（例えば、回転作動 107 および/またはリニアアクチュエータ 111 を制御することによって、）を調整するために使用され得る。追加の実施形態では、リニアエンコーダ 118 からの位置インジケータ情報は、制御システム 114 によって利用されて、パルスレーザ源 104 と検査試料からの照明を検出する検出器とを同期させることができる。追加の実施形態では、広帯域光源 100 は、ロータリエンコーダ 116 及びリニアエンコーダ 118 を同時に実装して、パルスレーザ光源 104 のトリガ及び/又はドラム 102 の回転位置及び直線位置、並びに検出器/レーザ光源の同期を制御することができる。

#### 【0023】

実施形態では、広帯域源 100 は、制御システム 114 を含む。制御システム 114 は、回転および/またはリニアアクチュエータ 107、111 および/またはパルスレーザ源 104 に通信可能に結合されてもよい。実施形態では、制御システム 114 は、パルスレーザ源 104 のトリガ及び/又はドラム 102 の回転方向及び/又は軸方向に沿った作動を制御する。この点に関して、制御システム 114 は、本開示に記載される任意の様式で、シリンダが回転し、軸方向に並進するにつれて、シリンダの表面を横断してパルス照明 105 をトレースするように、アクチュエータ 107、111 およびドラム 102 に指示してもよい。

#### 【0024】

実施形態では、広帯域源 100 は、材料源 112 を含む。材料源 112 は、ドラム 102 をコーティングするために使用される材料を含むことができる。例えば、材料源 112 は、選択された材料をドラム 102 の表面に塗布するために使用され得る。実施形態では、材料源 112 は、ドラム 102 が回転し、選択された材料の凝固点未満の温度に維持されるときに、ドラム 102 の表面上にガス、液体流、または噴霧を向けることができる。例えば、選択された材料は、キセノン、二酸化炭素、および同様の材料を含んでもよいが、これらに限定されない。例えば、キセノンの場合、ドラム 102 は、キセノン凝固点（例えば、 $-111.8^{\circ}\text{C}$ ）未満に冷却され得る。その後、ドラム 102 の表面にキセノンが塗布され、回転しながらドラム 102 の表面にキセノンが凍結し、ドラム 102

10

20

30

40

50

の表面に固体のキセノン層が形成される。別の例では、炭素の場合、ドラム 102 は、二酸化炭素凍結点（例えば、 $-78^{\circ}\text{C}$ ）未満に冷却され得る。そして、ドラム 102 の表面に二酸化炭素が塗布され、回転しながらドラム 102 の表面に二酸化炭素が凍結し、ドラム 102 の表面に固体の二酸化炭素層が形成される。実施形態では、ドラム 102 は、冷却剤材料を収容するための内部リザーバを含むことができる。例えば、ドラム 102 は、適用されたキセノンまたは二酸化炭素をそれぞれの材料の凝固点未満に冷却するために使用される液体窒素の体積を保持する内部リザーバを含むことができる。実施形態では、材料源 112 は、回転ドラム 102 の部分をプラズマ形成材料 103 で再コーティングするように構成される。例えば、材料源 112 は、ドラム 102 の以前に照射された部分をプラズマ形成材料 103 で再コーティングするように構成される。例えば、材料源 112 は、限定はしないがキセノンまたは二酸化炭素などのプラズマ形成材料で照明 105 によって事前にクレーティングされたスポットを再コーティングすることができる。さらに、ドラム 102 の長さおよびドラム 102 の垂直速度は、プラズマ形成材料（例えば、キセノンまたは二酸化炭素）が次の照射露光の前にドラム 102 上で凝固するのに十分な時間を提供するように選択することができる。

#### 【0025】

実施形態では、広帯域光源 100 は、ドラム 102 上のプラズマ形成領域から放射されるプラズマベースの照明を集光するように配置された 1 つ以上の集光光学素子 106 を含む。例えば、パルス源 104 によって励起されたプラズマによって光が生成された後、光は集光光学系 106 によって集光されてもよい。例えば、集光光学系 106 は、当技術分野で知られている任意の集光光学系または収集光学系を含むことができる。例えば、EUV 光生成の場合、集光光学系 106 は、EUV 光に適合する当技術分野で知られている任意の集光光学系又は収集光学系を含むことができる。別の例では、軟 X 線光生成の場合、集光光学系 106 は、軟 X 線光に適合する当技術分野で知られている任意の集光光学系または収集光学系を含むことができる。実施形態では、集光光学系 106 は、ドラム 102 から発する照明 109 を 1 つ以上の下流の光学素子に向けるおよび/または集束させることができる。実施形態では、集光光学系 106 は、図 1A に示すように、ドラム 102 から発する照明を中間焦点 108 に集束させるように構成することができる。

#### 【0026】

図 2 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、制御システム 114 のブロック図 200 を示す。実施形態では、制御システム 114 は、運動コントローラ 202 と、プロセスコントローラ 210 と、レーザコントローラ 212 とを含む。加えて、制御システム 114 は、コンピュータ 214（または任意の他の GUI 対応デバイス）を含んでもよい。実施形態では、運動コントローラ 202 は、ドラム 102 の回転および/または直線運動（位置、速度、および加速度）を制御するために、回転アクチュエータ 107 および/またはリニアアクチュエータ 111 に指示する。実施形態では、運動コントローラ 202 からの信号は、回転増幅器 204 およびリニア増幅器 206 を介して増幅され、それぞれ、回転アクチュエータ 107（例えば、サーボモータ）およびリニアアクチュエータ 111 に伝送されてもよい。次に、回転アクチュエータ 107 およびリニアアクチュエータ 111 は、運動コントローラ 202 によって指示されるようにドラム 102 を作動させることができる。1 つ以上の論理要素 208（例えば、フィールドプログラマブルゲートアレイ（FPGA））は、回転アクチュエータ 107 と統合されたロタリエンコーダ 116 および/またはリニアアクチュエータ 111 と統合されたリニアエンコーダ 118 から位置情報を読み出すことができる。例えば、1 つ以上の論理要素 208 は、ロタリエンコーダ 116 および/またはリニアエンコーダ 118 から出力されるケーブル/ワイヤから電気信号を読み出すことができる。次いで、この回転および直線位置情報は、プロセスコントローラ 212 および/またはレーザコントローラ 212 に送信されてもよい。レーザ制御の場合、1 つ以上の論理要素からの位置情報は、パルスレーザ源 104 のトリガ基準として働くことができる。この点に関して、レーザコントローラ 212 は、1 つ以上の論理要素から位置情報を受信し、次いで、位置情報に基づいてパルスレーザ源 104 を発射しても

よい。例えば、回転ドラム 1 0 2 のダウンストロークの場合、レーザコントローラ 2 1 2 は、ロータリエンコーダ 1 1 6 のインデックスが 1 つ以上の論理要素 2 0 8 によって読み出されるときまで、瞬時に（またはほぼ瞬時に）パルスレーザ源 1 0 4 を発射してもよい。次いで、アップストロークターゲットングの場合、レーザコントローラ 2 1 2 は、インデックスの読み出しとパルスレーザ源 1 0 4 の発射との間に選択された時間遅延を与え得るか、または第 2 のインデックスセット（第 1 のインデックスセットに対するオフセット）を有するエンコーダを利用し得る。プロセス制御の場合、プロセスコントローラ 2 1 0 は、位置情報を分析し、その情報を運動コントローラ 2 0 2 にフィードバックすることができ、次いで運動コントローラは、ドラム 1 0 2 の回転および/もしくはリニア運動の調整ならびに/またはレーザコントローラ 2 1 2 を介したパルスレーザ源への調整を行うことができる。追加のレーザ制御および/またはドラム位置制御のシナリオは、本明細書でさらに説明される。

10

#### 【 0 0 2 7 】

図 3 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、ドラム 1 0 2 の表面にわたって分散されたスポットの第 1 の組およびスポットの第 2 の組の概念図 3 0 0 を示す。実施形態では、ドラム 1 0 2 が回転すると、パルス照明源 1 0 4 は、第 1 の方向 3 0 3 にドラム 1 0 2 の材料コーティングされた部分を横断する第 1 の組のスポット 3 0 2 にパルス照明 1 0 5 を向ける。さらに、ドラム 1 0 2 が回転し続けると、パルス照明源 1 0 4 は、パルス照明 1 0 5 を、ドラム 1 0 2 の材料コーティングされた部分を第 2 の方向 3 0 5 に横断する第 2 の組のスポット 3 0 4 に向ける。実施形態では、第 1 の組のスポット 3 0 2 および第 2 の組のスポット 3 0 4 はそれぞれ、回転ドラム 1 0 2 の表面の周囲にスパイラルパターンを形成し、図 3 に描写される表面は、回転方向 3 0 7 に沿って円筒の軸の周囲に  $-180^\circ \sim +180^\circ$  に及ぶ円筒表面を表すことに留意されたい。実施形態では、ドラム 1 0 2 は、回転方向に沿って重複領域 3 0 6 内で選択された一定の回転速度（例えば、一定のドラム RPM）で回転され得る。実施形態では、ドラム 1 0 2 は、折り返し領域 3 0 9、3 1 1 において回転減速/加速され得る。

20

#### 【 0 0 2 8 】

図 4 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、ドラム 1 0 2 の表面上にターゲットスポット 3 0 2、3 0 4 のインターレースされた組を生成することが可能な単一のトリガシーケンスを有するエンコーダ 4 0 0 を示す。エンコーダ 4 0 0 は、インデックス 4 0 2 の単一の組を含む。実施形態では、エンコーダ 4 0 0 は、図 3 に示されるように、第 2 の組 2 0 4 のスポットと重複しないように、スポットの第 1 の組 3 0 2 を形成するように、制御特徴を広帯域源 1 0 0 に提供する。前述のように、インデックス 4 0 2 は、i) パルスレーザ源 1 0 4 のためのトリガ基準としての機能を果たすように、制御システム 1 1 4 によって使用されてもよい；ii) ドラム 1 0 2 の回転速度および/または線速度を調整する；及び/又は iii) パルスレーザ源 1 0 4 と検出器とを同期させる。例えば、ロータリエンコーダ 4 0 0 からの読み出し信号（例えば、電線を介する）は、パルスレーザ源 1 0 4 への外部トリガとして働くことができる。折り返し領域 3 0 9 の間、制御システム 1 1 4 は、アップストローク 3 0 5 の第 2 の組のスポット 3 0 4 が第 1 の組のスポット（例えば、半サイクルだけシフトされる）に対してシフトされるようにシフトを引き起こすことができる。例えば、単一のエンコーダ 4 0 0 の場合、ダウンストローク 3 0 3 の間、パルスレーザ源 1 0 4 は、インデックス 4 0 2 のそれぞれで瞬時に（またはほぼ瞬時に）トリガされてもよく、アップストローク 3 0 5 の間、パルスレーザ源 1 0 4 のトリガは、ある固定遅延によって遅延されてもよい。この遅延は、スポットの第 2 の組 3 0 4 をスポットの第 1 の組 3 0 2 に対してシフトさせる。

30

40

#### 【 0 0 2 9 】

図 5 は、本開示の 1 つ以上の追加および/または代替の実施形態による、ドラム 1 0 2 の表面にわたって分散され、2 シーケンスエンコーダによって生成されたスポットの第 1 の組およびスポットの第 2 の組の概念図 5 0 0 を示す。図 3 に描写されるスポットの配列の種々の特徴は、別様に指摘されない限り、図 5 の配列に及ぶように解釈されるべきであ

50

ることに留意されたい。

【0030】

図6は、本開示の1つ以上の実施形態による、ドラム102の表面上にターゲットスポット502、504のインターレースされた組を生成することができる2つのトリガシーケンスを有するエンコーダ600を示す。本明細書では、エンコーダ400の様々な一般的な特徴は、エンコーダ600に拡張されると解釈されるべきであり、簡潔にするためにここでは繰り返さないことに留意されたい。エンコーダ600は、2組のインデックス602、604を含む。この実施形態では、第1の組のインデックス602は、ダウンストローク中のパルスレーザ源104のトリガ基準として使用されてもよく、第2の組のインデックス604は、アップストローク中のパルスレーザ源104のトリガ基準として使用されてもよい。例えば、ダウンストローク503中に、エンコーダベースのインデックス602は、パルスレーザ源104に選択された周波数でレーザパルスを生成させることができる。次いで、折り返し領域509（ダウンストロークからアップストロークに移動する）中に、制御システム114は、アップストローク505中に実装するためにトリガ基準をインデックスの第2の組604に切り替えることができる。同様に、折り返し領域511（アップストロークからダウンストロークへの移動）中に、制御システム114は、ダウンストローク503中に実装するためにトリガ基準をインデックスの第1の組602に切り替えて戻すことができる。エンコーダ600上のインデックスの切り替えは、ドラム102上の切り替えの発生513a、513bに対応する。ダウンストロークからアップストロークへの（およびその逆の）切り替えは、制御システム114の論理要素208を介して実行される選択された期間にわたって実行されてもよい。この実施形態では、シングルトリガシーケンスの場合とは異なり、広帯域源100は、アップストロークのパルスのためのトリガ遅延を必要としない。例えば、パルスレーザ源104は、ダウンストローク503のインデックス602及びアップストロークのインデックス604に対して瞬時に（又はほぼ瞬時に）トリガされてもよい。エンコーダ600上のインデックス602、604の個々のインデックスのインターリーブにより、アップストローク505のターゲット位置は、ダウンストローク503のターゲット位置に対してオフセットされる。

10

20

【0031】

図7は、本開示の1つ以上の追加および/または代替の実施形態による、ドラム102の表面にわたって分散され、3シーケンスエンコーダによって生成されたスポットの第1の組およびスポットの第2の組の概念図700を示す。図5に描写されるスポットの配列の種々の特徴は、別様に指摘されない限り、図7の配列に及ぶように解釈されるべきであることに留意されたい。

30

【0032】

図8は、本開示の1つ以上の実施形態による、ドラム102の表面上にターゲットスポット702、704および遷移スポット713および715のインターレースされた組を生成することができる3つのトリガシーケンスを有するエンコーダ800を示す。本明細書では、エンコーダ600の様々な一般的な特徴は、エンコーダ800に拡張されると解釈されるべきであり、簡潔にするためにここでは繰り返さないことに留意されたい。エンコーダ800は、3組のインデックス802、804、806を含む。この実施形態では、第1の組のインデックス802を、ダウンストローク中のパルスレーザ源104のトリガ基準として使用することができる、第2の組のインデックス804を、アップストローク中のパルスレーザ源104のトリガ基準として使用することができる。加えて、インデックスの第3の組806は、動的符号化システムと見なされ得、ダウンストロークスポット702とアップストロークスポット704との間の遷移領域を提供する。この意味で、第3の組の指標806は、第1の組の指標802によって引き起こされるトリガと、第2の組の指標804によって引き起こされるトリガとから、第1及び第2の指標802、804によって実施されるものからレーザ発射の周波数を変更することによって、領域713/715を切り替える間にレーザクレーティングプロセスを切り替えるために使用され得る。ダウンストロークスポット702とアップストロークスポット704との間の転送中

40

50

の変更された周波数パーセンテージは、第3のインデックスセット806の数によって制御され得る。例えば、周波数の変化は、50個のスイッチングショット（すなわち、スイッチング領域713/715内のショットの数である）がある場合、約1%であり、100個のスイッチングショットがある場合、約0.5%である。

#### 【0033】

図9は、本開示の1つ以上の追加および/または代替の実施形態による、ドラム102の表面にわたって分散され、3シーケンスエンコーダによって生成されたスポットの第1の組およびスポットの第2の組の概念図900を示す。図7に描写されるスポットの配列の種々の特徴は、別様に指摘されない限り、図9の配列に及ぶように解釈されるべきであることに留意されたい。実施形態では、折り返し領域909、911において、ドラム102は、ドラム102の回転速度の一時的な増加（または減少）を与えるために加速（または減速）されてもよい。例えば、折り返し領域909では、ダウンストローク903の終了時に、ドラム回転速度（RPM）は、一定速度領域906に対してある期間にわたって増加（または減少）され、次いで、アップストローク905の開始時に領域906の一定速度に戻るよう減少（または増加）される。同様に、折り返し領域911では、アップストローク905の終了時に、ドラム回転速度（RPM）は、一定速度領域906に対してある期間にわたって増加（または減少）され、次いで、ダウンストローク903の開始時に、一定速度領域906に戻るよう減少（または増加）される。実施形態では、遷移期間913（または915）の間、レーザパルス期間は、ドラムの回転速度が増加している間、同じままであり得る。実施形態では、動的符号化シーケンス806は、インデックス802およびインデックス804によって生成されるダウンストロークターゲットスポット902とアップストロークターゲットスポット904との間（およびその逆）をシフトするように、ドラムの加速/減速と組み合わせて実装されてもよい。

#### 【0034】

本開示の多くは、パルスレーザ源のレーザ発射を制御するためのエンコーダインデックスの利用に焦点を当てているが、図9のドラム加速/減速スキームは、本開示の様々な符号化シーケンスの有無にかかわらず実装され得ることに留意されたい。代替実施形態では、制御システム114は、トリガ基準として、（ロータリエンコーダインデックスとは対照的に）レーザロックを利用してよい。この点に関して、レーザロックは、パルスレーザ源104の主要なトリガ基準として作用することができ、ドラム102の回転及び/又は垂直運動を制御する際の基準として使用することができる。

#### 【0035】

図10は、本開示の1つ以上の追加および/または代替の実施形態による、ドラム102の表面にわたって分散されたスポットの第1の組およびスポットの第2の組の概念図1000を示す。図9に描写されるスポットの配列の種々の特徴は、別様に指摘されない限り、図10の配列に及ぶように解釈されるべきであることに留意されたい。この実施形態では、スポットの第1の組1002およびスポットの第2の組1004は、インデックスの第1の組内のインデックスの数がインデックスの第2の組内のインデックスの数とは異なる2シーケンスエンコーダを介して生成され得る。たとえば、図10に示すように、インデックスの第1の組に関連する列の数は偶数であり、インデックスの第2の組に関連する列の数は奇数である。この例では、エンコーダ（図示せず）の第1および第2のインデックスによって制御されるパルスレーザ源104のレーザ発射周波数は、選択された周波数であってもよい。第1および第2のインデックスセット内で異なる数のインデックスを有するエンコーダを使用することは、アップストローク1005のスポット904がダウンストローク1003のスポット902と完全に一致しないことを保証するが、このアプローチは、領域1013に描写されるもの等のいくらかの重複がないことを保証することができないことに留意されたい。これは、インデックスの第1の組のインデックスのうちのいくつかとインデックスの第2の組のインデックスのうちのいくつかとの交差に対応する。

#### 【0036】

10

20

30

40

50

図 1 1 は、本開示の 1 つ以上の実施形態による、プラズマベースの照明源 1 0 0 を組み込んだ検査システム 1 1 0 0 のブロック図を示す。実施形態では、システム 1 1 0 0 は、照明サブシステム 1 1 0 2 を含む。照明サブシステム 1 1 0 2 は、本開示全体にわたって説明される広帯域光源 1 0 0 を組み込むことができる。実施形態では、図 1 1 には示されていないが、システム 1 1 0 0 は、照明光学系のセットを含む。実施形態では、イルミネータ光学系は、広帯域光源 1 0 0 から発せられる照明 1 0 9 を、試料ステージ 1 1 0 6 上に配置された 1 つ以上の試料 1 1 0 4 に向けて行うことができる。例えば、1 つ以上の試料 1 1 0 4 は、ウエハ（例えば、半導体ウエハ）を含んでもよいが、これに限定されない。別の例として、1 つ以上の試料 1 1 0 4 は、レチクルまたはフォトマスクを含み得るが、これらに限定されない。実施形態では、システム 1 1 0 0 は、1 つ以上の検出器 1 1 1 0 を含む。実施形態では、システム 1 1 0 0 は、試料から散乱、反射、回折、または別様に発する光を集光し、光を 1 つ以上の検出器（例えば、CCD、TDI-CCD、PMT などである）に指向するために好適な投影光学系のセット 1 1 0 9 を含む。実施形態では、システム 1 1 0 0 は、検出器 1 1 1 0 から測定結果を受信および/または分析するためのコントローラ 1 1 1 2 を含む。

10

#### 【0037】

実施形態では、検査システム 1 1 0 0 は、ウエハ検査システムまたはレチクル/フォトマスク検査システムとして構成される。例えば、検査システム 1 1 0 0 は、EUV スペクトル範囲で動作するのに適した当技術分野で知られている任意のウエハ又はレチクル/フォトマスク検査光学アーキテクチャを含むことができる。別の例として、検査システム 1 1 0 0 は、軟 X 線スペクトル範囲で動作するのに適した当技術分野で知られている任意のウエハまたはレチクル/フォトマスク検査光学アーキテクチャを含むことができる。検査システム 1 1 0 0 は、EUV マスクまたはマスクブランク検査システムとして構成され得ることがさらに認識される。EUV ベースのマスクブランク検査は、概して米国特許第 8,711,346 号 (Stokowski, 2014 年 4 月 29 日) に記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。EUV ベースのマスクブランク検査は、概して米国特許出願第 13/417,982 号 (Xiong ら, 2012 年 3 月 12 日) に記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。EUV ベースのレチクル検査は、概して、2013 年 5 月 30 日に出願された米国特許出願第 13/905,448 号 (Nasser-Ghodsira) に記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

20

30

#### 【0038】

実施形態では、図示されていないが、本開示全体にわたって説明される広帯域光源 1 0 0 は、光学リソグラフィシステム内に実装され得る。実施形態では、光学リソグラフィシステム（図示せず）は、広帯域光源 1 0 0 からの出力光を EUV 適合リソグラフィマスク（例えば、EUV 反射マスク）又は軟 X 線適合リソグラフィマスクに向けて行うように構成された照明光学系のセットを含むことができる。実施形態では、光学リソグラフィシステムは、マスクから反射された照明を受け取り、マスクからの反射された照明をウエハステージ上に配置された 1 つ以上のウエハに向けて行うように構成された投影光学系のセットを含む。光学リソグラフィシステムは、当技術分野で知られている任意の広帯域リソグラフィシステムを含むことができる。EUV ベースのリソグラフィは、概して米国特許出願第 13/419,042 号 (Wang, 2012 年 3 月 13 日) に記載されており、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

40

#### 【0039】

図 1 2 は、本開示の一実施形態による、連続的またはほぼ連続的なプラズマベースの照明を生成するための方法 1 2 0 0 を示す流れ図を示す。

#### 【0040】

ステップ 1 2 0 2 において、プラズマ形成ターゲット材料で少なくとも部分的にコーティングされた回転ドラムを回転させる。例えば、図 1 A に示すように、ドラム 1 0 2 を回転させることができる。例えば、回転ドラム 1 0 2 は、限定されないが、サーボモータな

50

どの回転アクチュエータ 107 によって、選択された回転速度で回転され得る。

【0041】

ステップ 1204 において、回転ドラム 102 を軸方向に作動させる。例えば、図 1A に示すように、回転ドラム 102 は、リニアアクチュエータ 111 を介して軸方向（例えば、図 1A の垂直方向である）に沿って平行移動することができる。回転およびリニア作動の組み合わせは、パルスレーザ源 104 からドラム 102 の表面に、第 1 のスパイラルパターンでドラムの材料コーティング部分を第 1 の方向に横断する第 1 の組のスポットに、および第 2 のスパイラルパターンでドラムの材料コーティング部分を第 2 の第 1 の方向に横断する第 2 の組のスポットにパルスレーザを向けるために使用される。

【0042】

ステップ 1206 では、ドラム 102 の回転位置情報を取得する。例えば、図 1A - 10 に示されるように、制御システム 114 は、回転アクチュエータ 107（例えば、サーボモータ）と統合され、回転ドラム 102 に接続されるロータリエンコーダ 116 から 1 つ以上の電気信号を読み出してもよい。加えて、制御システム 114 は、リニアアクチュエータ 111 と統合され、回転ドラム 102 に接続されたリニアエンコーダ 118 から 1 つ以上の電気信号を読み出すことができる。

【0043】

ステップ 1208 において、ロータリエンコーダから取得された回転位置情報に基づいてパルスレーザ源がトリガされる。例えば、制御システム 114 は、ロータリエンコーダ 116 から取得された回転位置情報に基づいてパルスレーザ源 104 をトリガして、回転式ドラム 102 のダウンストロークのための第 1 の組の目標位置と、回転式ドラム 102 のアップストロークのための第 2 の組の目標位置とを形成してもよく、それにより、第 2 の組の目標位置は、第 1 の組の目標位置からオフセットされる。

【0044】

ステップ 1210 において、回転ドラム 102 の以前に照明されたスポットは、プラズマ形成材料で再コーティングされる。例えば、図 1A に示されるように、パルスレーザ源 104 からの照明 105 への露光後、材料源 112 は、選択されたプラズマ形成材料（例えば、キセノンまたは二酸化炭素）で回転ドラム 102 を再コーティングしてもよく、本明細書に前述される第 1 および第 2 のパターンのスポットが、1 つ以上の後続パス上で照明 105 に再露光されることを可能にする。

【0045】

当業者であれば、本明細書で説明されるプロセスおよび/またはシステムおよび/または他の技術が具現化され得る、種々の車両が存在すること（例えば、ハードウェア、ソフトウェア、及び/又はファームウェア）、および好ましい媒体は、プロセスおよび/またはシステムおよび/または他の技術が展開される文脈とともに変動するであろうことを理解するであろう。いくつかの実施形態では、様々なステップ、機能、および/または動作は、以下のうちの 1 つ以上によって実行される：電子回路、論理ゲート、マルチプレクサ、プログラマブル論理デバイス、FPGA、ASIC、アナログもしくはデジタル制御/スイッチ、マイクロコントローラ、またはコンピューティングシステム。コンピューティングシステムは、パーソナルコンピューティングシステム、メインフレームコンピューティングシステム、ワークステーション、画像コンピュータ、並列プロセッサ、または当技術分野で知られている任意の他のデバイスを含み得るが、それらに限定されない。一般に、本開示の用語「制御システム」および「コントローラ」は、メモリ媒体からのプログラム命令を実行する 1 つ以上のプロセッサを有する任意のデバイスを包含するように広く定義される。メモリ媒体は、読取り専用メモリ、ランダムアクセスメモリ、ソリッドステートメモリ、磁気もしくは光ディスク、または磁気テープを含み得るが、それらに限定されない。

【0046】

本明細書で説明される方法のすべては、方法の実施形態の 1 つ以上のステップの結果を記憶媒体に記憶することを含み得る。結果は、本明細書で説明される結果のいずれかを含

10

20

30

40

50

んでもよく、当技術分野で公知の任意の様式で記憶されてもよい。記憶媒体は、本明細書で説明する任意の記憶媒体または当技術分野で知られている任意の他の好適な記憶媒体を含み得る。結果が記憶された後、結果は、記憶媒体内でアクセスされ、本明細書で説明される方法またはシステム実施形態のいずれかによって使用される、ユーザへの表示のためにフォーマットされる、別のソフトウェアモジュール、方法、またはシステムによって使用される等することができる。さらに、結果は、「永久的に」、「半永久的に」、一時的に、またはある期間にわたって記憶され得る。例えば、記憶媒体は、ランダムアクセスメモリ（RAM）であってもよく、結果は、必ずしも記憶媒体内に無期限に持続しなくてもよい。

【0047】

本発明の特定の実施形態を説明してきたが、当業者であれば、前述の開示の範囲および精神から逸脱することなく、本発明の様々な修正および実施形態をなし得ることは明らかである。したがって、本発明の範囲は、添付の特許請求の範囲によってのみ限定されるべきである。

10

20

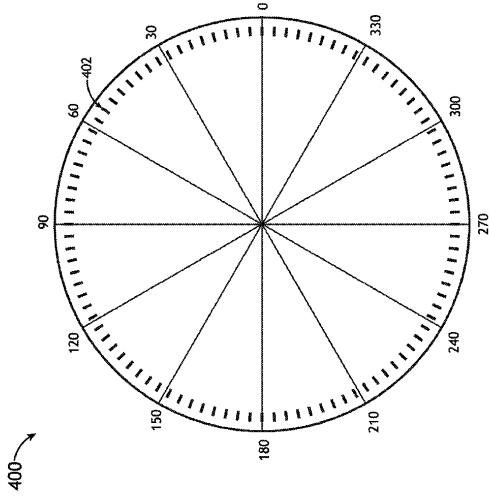
30

40

50



【図 4】



【図 5】

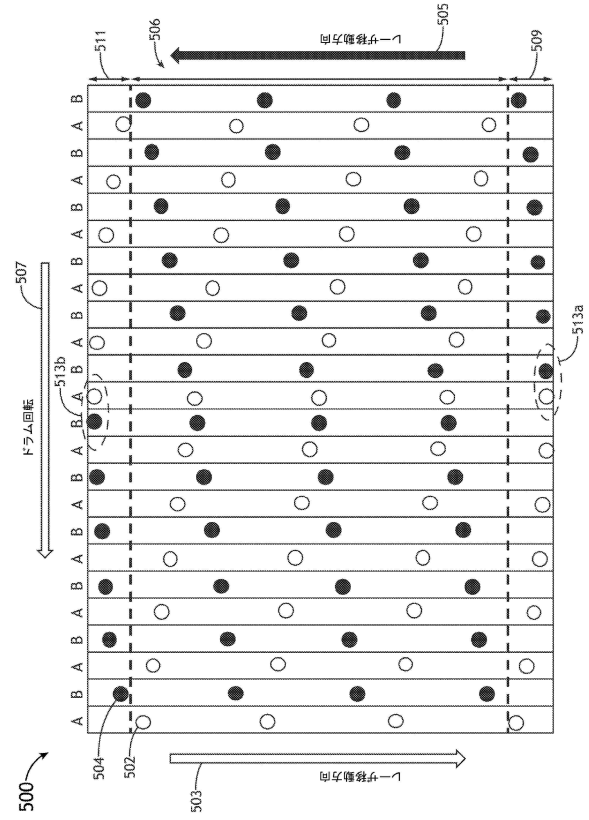
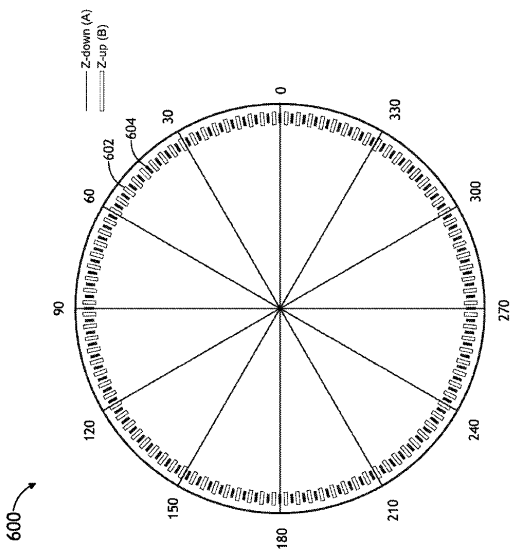


FIG.4

10

20

【図 6】



【図 7】

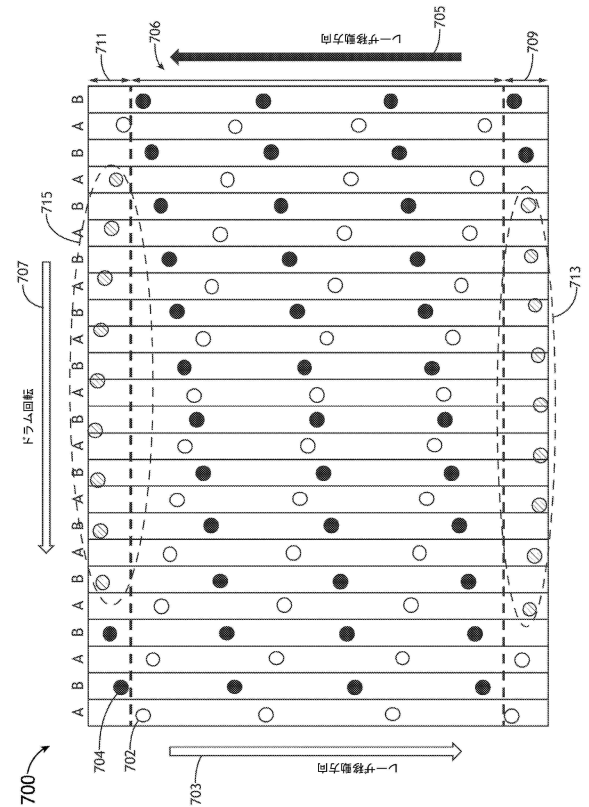


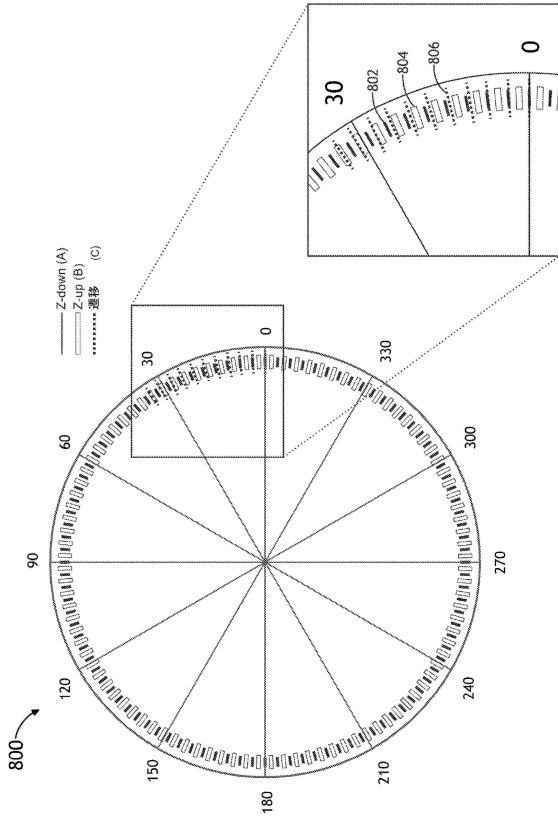
FIG.6

30

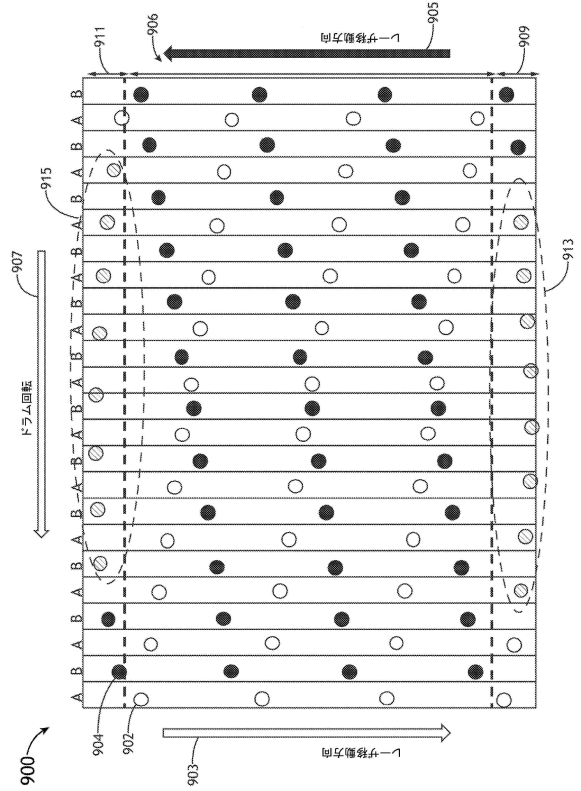
40

50

【図 8】



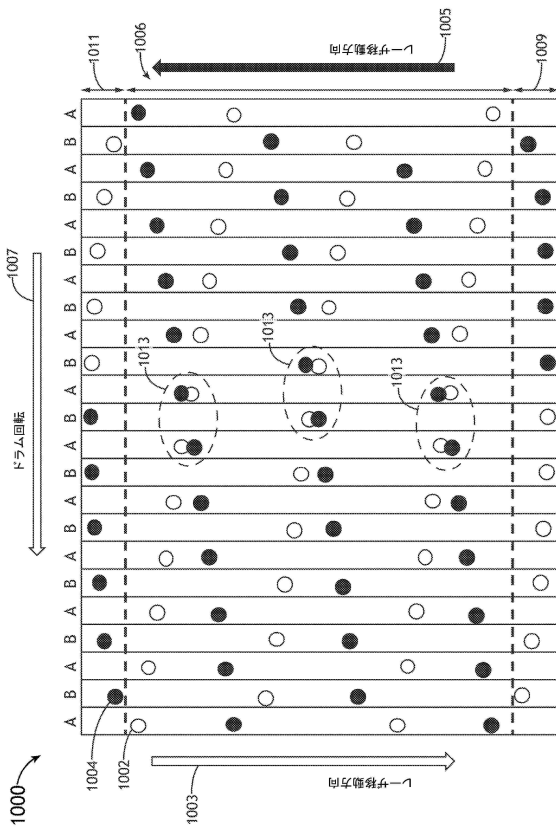
【図 9】



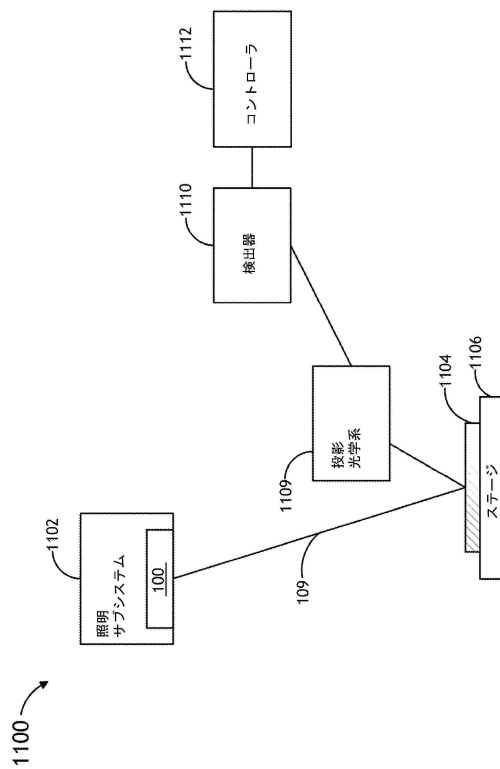
10

20

【図 10】



【図 11】

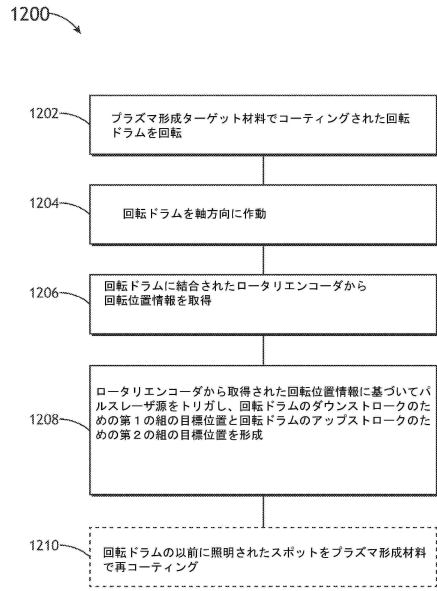


30

40

50

【 図 1 2 】



10

20

30

40

50

---

フロントページの続き

- (56)参考文献 特表2019-502945(JP,A)  
特表2018-513385(JP,A)  
国際公開第2014/205410(WO,A1)  
特開昭55-085218(JP,A)
- (58)調査した分野 (Int.Cl., DB名)
- |      |      |
|------|------|
| G03F | 7/20 |
| G03F | 1/84 |
| H05G | 2/00 |