

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6122853号  
(P6122853)

(45) 発行日 平成29年4月26日(2017.4.26)

(24) 登録日 平成29年4月7日(2017.4.7)

(51) Int.Cl.

H05G 2/00 (2006.01)  
H01L 21/027 (2006.01)

F 1

H05G 2/00  
H01L 21/30 531S

請求項の数 8 (全 29 頁)

(21) 出願番号 特願2014-531158 (P2014-531158)  
 (86) (22) 出願日 平成24年8月23日 (2012.8.23)  
 (65) 公表番号 特表2014-528146 (P2014-528146A)  
 (43) 公表日 平成26年10月23日 (2014.10.23)  
 (86) 國際出願番号 PCT/EP2012/066449  
 (87) 國際公開番号 WO2013/041323  
 (87) 國際公開日 平成25年3月28日 (2013.3.28)  
 審査請求日 平成27年8月5日 (2015.8.5)  
 (31) 優先権主張番号 61/538,006  
 (32) 優先日 平成23年9月22日 (2011.9.22)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)  
 (31) 優先権主張番号 61/606,715  
 (32) 優先日 平成24年3月5日 (2012.3.5)  
 (33) 優先権主張国 米国(US)

(73) 特許権者 504151804  
 エーエスエムエル ネザーランズ ピー.  
 ブイ.  
 オランダ国 ヴェルトホーフェン 550  
 O エーエイチ, ピー. オー. ボックス  
 324  
 (74) 代理人 100079108  
 弁理士 稲葉 良幸  
 (74) 代理人 100109346  
 弁理士 大貫 敏史  
 (72) 発明者 ヴァン スホート, ジャン  
 オランダ国, アイントホーフェン エヌエ  
 ル-5632 エックスエヌ, シトルシユ  
 ホフ 8

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】放射源

## (57) 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

燃料流を生成しあつプラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って前記燃料流を誘導する燃料  
流ジェネレータと、変性燃料ターゲットを生成するために前記プラズマ形成位置における  
前記燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するプリパルスレーザ放射アセンブリと、放  
射生成プラズマを生成するために前記プラズマ形成位置における前記変性燃料ターゲット  
にレーザ放射の第2ビームを誘導するメインパルスレーザ放射アセンブリと、を備える放  
射源であつて、

前記放射生成プラズマによって生成された放射を集光しあつ集光した放射を前記放射源の光軸に沿って誘導する垂直入射コレクタを備え、

前記プリパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の前記第1ビームを、前記コレクタに向かって、前記放射源の前記光軸に沿うが前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記垂直入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に、前記燃料流に向かって誘導し、

前記メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の前記第2ビームを前記光軸に對して実質的に0°より大きくかつ90°より小さい角度で前記変性燃料ターゲットに向かって誘導する、放射源。

## 【請求項 2】

前記メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の前記第2ビームを前記コレクタの反対に面する前記変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導する、請求項1に記載の

放射源。

**【請求項 3】**

前記メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の前記第2ビームを前記コレクタに面する前記変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導する、請求項1に記載の放射源。

**【請求項 4】**

前記メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の前記第2ビームを前記コレクタに向かう方向に誘導し、

前記コレクタは、放射の前記第2ビームが前記燃料流または前記変性燃料ターゲットに入射しない場合には、放射の前記第2ビームが通過することができる開口部が設けられる、請求項1から3のいずれか一項に記載の放射源。

10

**【請求項 5】**

前記プリパルスレーザ放射アセンブリは、前記変性燃料ターゲットが前記第1レーザ放射ビームの命中後に実質的にディスク状の雲となり、かつ前記ディスクが前記光軸に対し実質的に垂直な半径を有することを確実にする、請求項1から4のいずれか一項に記載の放射源。

**【請求項 6】**

燃料流を生成しあつプラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って前記燃料流を誘導する燃料流ジェネレータと、変性燃料ターゲットを生成するために前記プラズマ形成位置における前記燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するプリパルスレーザ放射アセンブリと、放射生成プラズマを生成するために前記プラズマ形成位置における前記変性燃料ターゲットにレーザ放射の第2ビームを誘導するメインパルスレーザ放射アセンブリと、を備える放射源であって、

20

前記放射生成プラズマによって生成された放射を集光しあつ集光した放射を前記放射源の光軸に沿って誘導するかすめ入射コレクタを備え、

前記プリパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の前記第1ビームを、前記放射源の前記光軸に沿うが前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記かすめ入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に、前記燃料流に向かって誘導し、

前記メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の前記第2ビームを前記光軸に對して実質的に0°より大きくかつ90°より小さい角度で前記変性燃料ターゲットに向かって誘導する、放射源。

30

**【請求項 7】**

前記プラズマ形成位置と前記かすめ入射コレクタの間に設置されたデブリ軽減装置を備え、

前記デブリ軽減装置は、静的または回転フォイルトラップである、請求項6に記載の放射源。

**【請求項 8】**

請求項1から7のいずれか一項に記載の放射源を備える、又は、請求項1から7のいずれか一項に記載の放射源に接続される、リソグラフィ装置。

40

**【発明の詳細な説明】**

**【技術分野】**

**【0001】**

**[関連出願の相互参照]**

[0001] 本出願は、2011年9月22日に出願の米国特許仮出願第61/538,006号、2012年3月5日に出願の米国特許仮出願第61/606,715、2012年4月19日に出願の米国特許仮出願第61/635,758、および2012年7月6日に出願の米国特許仮出願第61/668,474の利益を主張し、その全体が参照により本明細書に組み込まれる。

50

## 【背景技術】

## 【0002】

[0002] 本発明は、リソグラフィ装置との併用またはその一部を形成するのに適した放射源に関する。

## 【0003】

[0003] リソグラフィ装置は、所望のパターンを基板上、通常、基板のターゲット部分上に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（I C）の製造に用いることができる。その場合、I Cの個々の層上に形成される回路パターンを生成するために、マスクまたはレチクルとも呼ばれるパターニングデバイスを用いることができる。このパターンは、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、ダイの一部、または1つ以上のダイを含む）に転写することができる。通常、パターンの転写は、基板上に設けられた放射感応性材料（レジスト）層上への結像によって行われる。一般には、単一の基板が、連続的にパターニングさ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。10

## 【0004】

[0004] リソグラフィは、I Cや他のデバイスおよび／または構造の製造における重要なステップの1つとして広く認識されている。しかしながら、リソグラフィを使用して作られるフィーチャの寸法が小さくなるにつれ、リソグラフィは、小型I Cあるいは他のデバイスおよび／または構造の製造を可能にするためのより一層重要な要因となりつつある。20

## 【0005】

[0005] パターン印刷の限界の理論推定値は、式（1）に示す解像度に関するレイリー基準によって得ることができる。

## 【数1】

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

上の式で、 $\lambda$ は使用される放射の波長であり、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であり、 $k_1$ 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は印刷されたフィーチャのフィーチャサイズ（またはクリティカルディメンション）である。式（1）から、フィーチャの最小印刷可能サイズの縮小は、以下の3つの方法、露光波長  $\lambda$  を短縮することによって、開口数NAを増加させることによって、あるいは $k_1$ の値を低下させることによって達成することができる、と言える。30

## 【0006】

[0006] 露光波長を短縮するため、したがって最小印刷可能サイズを縮小するためには、極端紫外線（E UV）放射源を使用することが提案されている。E UV放射は、5～20 nmの範囲内、例えば13～14 nmの範囲内、の波長を有する電磁放射である。10 nm未満、例えば6.7 nmまたは6.8 nmなどの5～10 nmの範囲内、の波長を有するE UV放射が使用できることが更に提案されている。そのような放射は、極端紫外線放射または軟X線と呼ばれ、可能な放射源としては、例えば、レーザ生成プラズマ源、放電プラズマ源、または電子蓄積リングによって与えられるシンクロトロン放射に基づく放射源が挙げられる。40

## 【0007】

[0007] E UV放射は、プラズマを使用して生成することができる。E UV放射を生成する放射システムは、燃料を励起してプラズマを供給するレーザと、プラズマを収容するソースコレクタモジュールとを含むことができる。プラズマは、例えば、レーザビームを適切な燃料の材料（例えば、現在のところE UV放射源の燃料として最も有望であり、かつ適当な選択肢であると考えられるスズ）の粒子（すなわち、液滴）、または適切なガス流または蒸気流（Xeガス、Li蒸気など）などの燃料に誘導することによって生成することができる。結果として得られるプラズマは、放射コレクタを使用して集光される出力放射、例えば、E UV放射を放出する。放射コレクタは、通常、ミラー垂直入射放射コレ50

クタとすることができる、ミラー垂直入射放射コレクタは、放射を受け、その放射をビームに集束させる。ソースコレクタモジュールは、真空（または低圧）環境を提供してプラズマを支持するように配置された囲い構造（すなわち、ハウジング）を含むことができる。このような放射システムは、通常、レーザ生成プラズマ（LPP）源と呼ばれる。同様にレーザを使用し得る代替のシステムにおいては、放射は、放電の使用によって形成されるプラズマ（例えば、放電生成プラズマ（DPP）源）によって生成され得る。

#### 【0008】

[0008] 既存および提案される放射源においては、いくつかの問題点がある。一つの問題点としては、そのような放射源の集光面上における汚染の影響があげられる。他の問題点としては、使用中に集光面にもたらされる、放射源の耐用年数を厳しく制御する可能性のある劣化または損傷があげられる。他の問題点は、集光することのできる放射の量に関連する。特にLPP放射源に関する更なる問題点は、放射生成プラズマの生成において使用される赤外線放射は、放射源の中間焦点、またはその他の焦点、に向かって通過することができる、すなわちリソグラフィ装置上およびリソグラフィ装置を通過することができるという点である。赤外線放射は、リソグラフィ装置の要素を熱し、その結果要素を歪ませることができ、その歪みは、基板に付与されるパターンの歪み等に繋がる可能性がある。代替的に、または加えて、赤外線放射は、リソグラフィ装置を通過して、基板上に当たる可能性があり、その基板上で赤外線放射は、基板が非意図的および不適当にパターニングされることをもたらし得る。

#### 【発明の概要】

#### 【0009】

[0009] したがって、改良された放射源が必要とされる。

本発明の一実施形態には、

放射源であって、

燃料流を生成し、プラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って前記燃料流を誘導するよう構成された燃料流ジェネレータと、

使用中、変性燃料ターゲットを生成するためプラズマ形成位置における燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されたプリパルスレーザ放射アセンブリと、

使用中、放射生成プラズマを生成するためにプラズマ形成位置における変性燃料ターゲットに向かってレーザ放射の第2ビームを誘導するよう構成されたメインパルスレーザ放射アセンブリと、

放射生成プラズマによって生成された放射を集光しあつ集光した放射を放射源の光軸に沿いに誘導するよう構築および配置されたコレクタと、を備え、

プリパルスレーザ放射アセンブリは、光軸に実質的に沿い燃料流に向かってレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成され、

メインパルスレーザ放射アセンブリは、光軸に対して実質的に0°より大きくかつ90°より小さい角度で変性燃料ターゲットに向うようレーザ放射の第2ビームを誘導するよう構成される、放射源が提供される。これにより、コレクタは、より少ない量の放射生成プラズマからの赤外線放射を集光し得る。プラズマからの赤外線放射は、放射源に接続されたリソグラフィ装置内において問題を引き起こす可能性があるため、赤外線放射のフィルタリングが必要となり得る。フィルタリングは、装置内におけるEUV透過を減少し得る。より少ない量の赤外線放射が集光されれば、EUV効率を向上させる装置においてフィルタリングは必要ではなくなる可能性がある。さらなる利点は、デブリがコレクタから離れるよう誘導される事であり得ることである。デブリは、コレクタに損傷を与えコレクタの寿命を制限する可能性がある。

#### 【0010】

[0010] 一実施形態において、メインパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第2ビームをコレクタの反対に面する変性燃料ターゲットの側面に向って誘導するよう構成される。

#### 【0011】

10

20

30

40

50

[0011] 一実施形態において、メインパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第2ビームをコレクタに面する変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導するよう構成される。

【0012】

[0012] 一実施形態において、メインパルスレーザ放射アセンブリは、コレクタに向かって放射の第2ビームを誘導するよう構成され、コレクタは、放射の第2ビームが燃料流または変性燃料ターゲットに入射しない場合には、放射の第2ビームが通過することができ得る開口部が設けられる。

【0013】

[0013] 一実施形態において、コレクタは、垂直入射コレクタであってよく、またプリパルスレーザ放射アセンブリは、前記第1ビームを放射源の光軸沿いに放射生成プラズマによって生成されかつ垂直入射コレクタによって集光された放射の一般的な伝搬方向に、垂直入射コレクタ中に設けられた開口部を通過するように誘導するよう構成される。 10

【0014】

[0014] 一実施形態において、コレクタは、垂直入射コレクタであってよく、またプリパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第1ビームをコレクタに向かって放射源の光軸に沿うが放射生成プラズマによって生成されかつ垂直入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に誘導するよう構成される。

【0015】

[0015] 一実施形態において、コレクタは、プラズマ形成位置とかすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置されるかすめ入射コレクタであってよく、またプリパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第1ビームを放射源の光軸に沿うが放射生成プラズマによって生成されかつ垂直入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向にかすめ入射コレクタを通過するように誘導するよう構成される。 20

【0016】

[0016] 一実施形態において、コレクタは、プラズマ形成位置とかすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置されるかすめ入射コレクタであってよく、またプリパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第1ビームを放射源の光軸に沿いに放射生成プラズマによって生成されかつ垂直入射コレクタによって集光された放射の一般的な伝搬方向にかすめ入射コレクタに向かって誘導するよう構成される。

【0017】

[0017] 一実施形態において、プリパルスレーザ放射アセンブリは、変性燃料ターゲットが第1レーザ放射ビームの命中後に実質的にディスク状の雲となり、ディスクが、光軸に対して実質的に垂直な直径を有することを確実にするよう構成される。より一般的には、レーザ放射の第1ビームは、第2ビームが入射および／または反射するようにより平坦な表面（事前に変更された形状に対して）を提供するために、変性燃料ターゲットが光軸に対して実質的に垂直な一つ以上の方向に伸長する（事前に変更された形状に対して）ことを確実にするよう構成されてよい。 30

【0018】

[0018] 一実施形態において、デブリ軽減装置は、プラズマ形成位置とコレクタの間に設置されてよい。放射の第1ビームおよび／または放射の第2ビームは、燃料ターゲット／変性燃料ターゲットに入射する前にコレクタおよび／またはデブリ軽減装置を通過する可能性がある。 40

【0019】

[0019] 一実施形態において、燃料流ジェネレータは、ある量の燃料を保持するよう構成されたリザーバと、プラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って燃料流を誘導するよう構成されたリザーバに対して流体接続されたノズルと、を備えてよい。

【0020】

[0020] 一実施形態において、燃料流は、燃料液滴の流れを含んでよい。

【0021】

[0021] 一実施形態において、燃料は、スズなどの溶融金属であってよい。 50

## 【0022】

[0022] さらなる実施形態によると、上記放射源を備えるあるいは上記放射源に接続されるリソグラフィ装置が提供されてよい。

## 【0023】

[0023] またさらなる実施形態によると、放射源であって、燃料流を生成し、プラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って燃料流を誘導するよう構成された燃料流ジェネレータと、

変性燃料ターゲットを生成するためプラズマ形成位置における燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されたプリパルスレーザ放射アセンブリと、

放射生成プラズマを生成するためにプラズマ形成位置における変性燃料ターゲットにレーザ放射の第2ビームを誘導するよう構成されたメインパルスレーザ放射アセンブリと、を備える放射源であって、放射源は、

放射生成プラズマによって生成された放射を集光しつつ集光した放射を放射源の光軸に沿いに誘導するよう構成されたかすめ入射コレクタと、

光軸に実質的に沿い燃料流に向かってレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されたプリパルスレーザ放射アセンブリと、を備える、放射源が提供され得る。

これにより、コレクタは、より少ない量の放射生成プラズマからの赤外線放射を放射において集光し得る。さらなる利点は、デブリがコレクタから離れるよう誘導される事であり得る。デブリは、コレクタに損傷を与えかつコレクタの寿命を制限する可能性がある。

## 【0024】

10

[0024] 一実施形態において、デブリ軽減装置は、プラズマ形成位置とかすめ入射コレクタの間に設置されてよい。一実施形態において、放射の第1および/または第2ビームは、デブリ軽減装置を通過し得る。

## 【0025】

20

[0025] 一実施形態において、デブリ軽減装置は、静的または回転フォイルトラップであってよい。一実施形態において、プリパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されかつ/またはメインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の第2ビームをフォイルトラップの中空軸に沿いかつ中空軸を通過するように誘導するよう構成される。

## 【0026】

30

[0026] 一実施形態において、メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の第2ビームを実質的に光軸沿いかつ放射の第1ビームと同じ方向に変性燃料ターゲットに向かって誘導するよう構成される。

## 【0027】

[0027] 一実施形態において、メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の第2ビームを実質的に光軸沿い、かつ放射の第1ビームの方向とは反対の方向に変性燃料ターゲットに向かって誘導するよう構成される。

## 【0028】

[0028] 一実施形態において、メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の第2ビームを、光軸に対して実質的に $0^\circ$ より大きくかつ $90^\circ$ より小さい角度で変性燃料ターゲットに向かって誘導するよう構成される。

40

## 【0029】

[0029] メインパルスレーザ放射アセンブリは、レーザ放射の第2ビームを光軸に対して実質的に $90^\circ$ の角度で変性燃料ターゲットに向かって誘導するよう構成される。

## 【0030】

[0030] 一実施形態において、プリパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第1ビームを放射源の光軸に沿うが、放射生成プラズマによって生成されかつかすめ入射コレクタによって集光された放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向にかすめ入射コレクタを通過するよう誘導するよう構成され、かつ/またメインパルスレーザ放射アセンブリは、放射源の光軸に沿うが、放射の第2ビームを放射生成プラズマによって生成されかすめ入射コ

50

レクタによって集光された放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向にかすめ入射コレクタを通過するように誘導するよう構成される。

#### 【0031】

[0031] 一実施形態において、プリパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第1ビームを放射源の光軸に沿い、放射生成プラズマによって生成されかつかすめ入射コレクタによって集光された放射の一般的な伝搬方向にかすめ入射コレクタに向かって誘導するよう構成され、かつ／またはメインパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第2ビームを放射源の光軸に沿い、放射生成プラズマによって生成されかつかすめ入射コレクタによって集光された放射の一般的な伝搬方向にかすめ入射コレクタ中に向かって誘導するよう構成される。

10

#### 【0032】

[0032] 一実施形態において、プリパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第1ビームをかすめ入射コレクタの反対に面する燃料流または変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導するよう構成され、かつ／またはメインパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第2ビームをコレクタの反対に面する燃料流または変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導するよう構成される。

#### 【0033】

[0033] 一実施形態において、プリパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第1ビームをかすめ入射コレクタに面する燃料流または変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導するよう構成され、かつ／またはメインパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第2ビームをかすめ入射コレクタに面する燃料流または変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導するよう構成される。

20

#### 【0034】

[0034] 一実施形態において、プリパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第1ビームをかすめ入射コレクタに向かって誘導するよう構成されかつ／またはメインパルスレーザ放射アセンブリは、放射の第2ビームをかすめコレクタに向かって誘導するよう構成される。一実施形態において、放射の第1および／または第2ビームが燃料流または変性燃料ターゲットに入射しない場合には、かすめ入射コレクタには、放射の第1および／または第2ビームが通過することができる開口部が設けられてよい。

30

#### 【0035】

[0035] 一実施形態において、かすめ入射コレクタは、プラズマ形成位置とかすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置されてよい。

#### 【0036】

[0036] 一実施形態において、燃料流ジェネレータは、一つ以上のある量の燃料を保持するよう構成されたリザーバと、プラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って燃料流を誘導するよう構成されたリザーバに対して流体接続されたノズルと、あるいはこれらの組み合わせを備えてよい。

#### 【0037】

[0037] 一実施形態において、燃料流は、燃料液滴の流れを備えてよい。

40

#### 【0038】

[0038] 一実施形態において、プリパルスレーザ放射アセンブリは、変性燃料ターゲットが第1レーザ放射ビームの命中後に実質的にディスク状の雲となりかつディスクが光軸に対して実質的に垂直な直径を有することを確実にするよう構成される。一実施形態において、レーザ放射の第1ビームは、変性燃料ターゲットが光軸に対して実質的に垂直な方向に伸長することを確実にするよう構成されてよい。変性燃料ターゲットは、第一レーザビームが入射する燃料流の一部よりもより平坦、より広範またはより大きいターゲットを提供し得る。

#### 【0039】

[0039] 本発明の一実施形態において、上記のいずれかの放射源を含むあるいは上記のいずれかの放射源に接続されるリソグラフィ装置が提供される。リソグラフィ装置は、一

50

つ以上の放射ビームを提供するための照明システムと、放射ビームの断面にパターンを付与するためのパターニングデバイスと、基板を保持するための基板ホルダと、パターン付き放射ビームを基板のターゲット部分上に投影するための投影システムと、を任意に含んでもよい。

#### 【0040】

[0040] いずれかの実施形態において、参照される（例えば、誘導され得る放射ビームに沿うまたは放射ビームに対する）放射源の光軸は、放射源のコレクタの光軸であってよい。

#### 【0041】

[0041] 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。 10

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0042】

[0042] 本発明のいくつかの実施形態を、単なる例として、添付の概略図を参照して以下に説明する。これらの図面において同じ参照符号は対応する部分を示す。さらに、明細書に組み込まれ、本明細書の一部を形成する添付の図面は、本発明を図示し、さらに、記述とともに本発明の原理を説明し、当業者が本発明を作成して使用できるように役立つ。 20

【図1】[0043] 図1は、本発明の一実施形態による、リソグラフィ装置を示す。

【図2】[0044] 図2は、本発明の一実施形態による、LPP放射源コレクタモジュールを含む、図1の装置のより詳細な図である。

【図3】[0045] 図3は、本発明の一実施形態による、燃料液滴がレーザ放射のターゲットである場合に生成されるEUV放射の一般的な伝搬方向を概略的に示す。

【図4】[0046] 図4は、本発明の一実施形態による、放射源を概略的に示す。

【図5】[0047] 図5は、燃料流に誘導されるレーザ放射の第1ビームを示す。

【図6】[0048] 図6は、プラズマ形成位置における改良された燃料ターゲットを示す。

【図7】[0049] 図7は、本発明の一実施形態による、放射源を概略的に示す。

【図8】[0050] 図8は、本発明の一実施形態による、放射源を概略的に示す。 30

【図9】[0051] 図9は、本発明の一実施形態による、放射源を概略的に示す。

【図10】[0052] 図10は、本発明の一実施形態による、放射源を概略的に示す。

【図11】[0053] 図11は、本発明の一実施形態による、放射源を概略的に示す。

【図12】[0054] 図12は、本発明の一実施形態による、デブリ軽減装置を有する放射源を概略的に示す。

【図13】[0055] 図13は、本発明の一実施形態による、デブリ軽減装置を有する放射源を概略的に示す。

#### 【0043】

[0056] 本発明の特徴および利点は、以下に述べる詳細な説明を図面と組み合わせて考慮することによりさらに明白になるであろう。ここで、同様の参照文字は全体を通して対応する要素を識別する。図面では、同様の参照番号は全体的に同一、機能的に同様であり、および/または構造的に同様である要素を示す。 40

#### 【発明を実施するための形態】

#### 【0044】

[0057] 本明細書は、本発明の特徴を組み込んだ1つ以上の実施形態を開示する。開示される（1つ以上の）実施形態は、本発明を例示するに過ぎない。本発明の範囲は開示される（1つ以上の）実施形態に限定されない。本発明は添付の特許請求の範囲によって定義される。

#### 【0045】

[0058] 記載される（1つ以上の）実施形態、および「一実施形態」、「実施形態」、 50

「例示的実施形態」などへの本明細書における言及は、記載される（1つ以上の）実施形態が特定の特徴、構造また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、構造または特性を含まないことを示す。さらに、そ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、一実施形態に関連して特定の特徴、構造また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、そのような特徴、構造、また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内にあることが理解される。

#### 【0046】

[0059] 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、またはそれらのあらゆる組合せにおいて実施され得る。本発明の実施形態はまた、機械可読媒体に記憶され、1つまたは複数のプロセッサにより読み出され実行され得る命令として実施されてもよい。機械可読媒体は、機械（例えばコンピュータデバイス）によって読み取りが可能な形態で情報を記憶または送信するためのあらゆるメカニズムを含み得る。例えば、機械可読媒体は、読み出し専用メモリ（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、または電気、光、音、もしくはその他の形態の伝搬信号（例えば、搬送波、赤外線信号、デジタル信号等）、などを含み得る。また、本明細書において、ファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令が何らかの動作を行うと説明されることがある。しかし、そのような説明は単に便宜上のものであり、かかる動作は実際には、コンピュータデバイス、プロセッサ、コントローラ、またはファームウェア、ソフトウェア、ルーチン、命令等を実行する他のデバイスによるものであることが理解されるべきである。10

#### 【0047】

[0060] 図1は、本発明の一実施形態に従って、ソースコレクタモジュールSOを含むリソグラフィ装置LAPを概略的に示す。このリソグラフィ装置は、放射ビームB（例えばEUV放射）を調整するように構成された照明システム（イルミネータ）IL、パターニングデバイス（例えば、マスクまたはレチクル）MAを支持するように構成され、かつ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ポジショナPMに連結されているサポート構造（例えば、マスクテーブル）MT、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ポジショナPWに連結されている基板テーブル（例えば、ウェーハテーブル）WT、およびパターニングデバイスMAによって放射ビームBに付けられたパターンを基板Wのターゲット部分C（例えば、1つ以上のダイを含む）上に投影するように構成されている投影システム（例えば、反射投影レンズシステム）PS、を備える。30

#### 【0048】

[0061] 照明システムとしては、放射を誘導、整形、または制御するために、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、静電型、またはその他のタイプの光コンポーネント、あるいはそれらのあらゆる組合せなどのさまざまなタイプの光コンポーネントを含むことができる。。

#### 【0049】

[0062] サポート構造MTは、パターニングデバイスMAの向き、リソグラフィ装置の設計、および、パターニングデバイスが真空環境内で保持されているか否かなどの他の条件に応じた態様で、パターニングデバイスを保持する。サポート構造は、機械式、真空式、静電式またはその他のクランプ技術を使って、パターニングデバイスを保持することができる。サポート構造は、例えば、必要に応じて固定または可動式にすることができるフレームまたはテーブルであってもよい。サポート構造は、パターニングデバイスを例えば、投影システムに対して所望の位置に確実に置くことができる。40

#### 【0050】

[0063] 「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内にパターンを作り出すように、放射ビームの断面にパターンを与えるために使用できるあらゆるデバイスを指していると、広く解釈されるべきである。放射ビームに付与されたパターンは、50

集積回路などのターゲット部分内に作り出されるデバイス内の特定の機能層に対応することになる。

#### 【0051】

[0064] パターニングデバイスは、透過型であっても、反射型であってもよい。パターニングデバイスの例としては、マスク、プログラマブルミラーアレイ、およびプログラマブルLCDパネルが含まれる。マスクは、リソグラフィでは公知であり、バイナリ、レベンソン型(alternating)位相シフト、およびハーフトーン型(attenuated)位相シフトなどのマスク型、ならびに種々のハイブリッドマスク型を含む。プログラマブルミラーアレイの一例では、小型ミラーのマトリックス配列が用いられており、各小型ミラーは、入射する放射ビームを様々な方向に反射させるように、個別に傾斜させることができる。傾斜されたミラーは、ミラーマトリックスによって反射される放射ビームにパターンを付ける。10

#### 【0052】

[0065] 投影システムは、照明システムと同様に、使われている露光放射にとって、あるいは真空の使用といった他の要因にとって適切な、屈折型、反射型、磁気型、電磁型、および静電型、またはその他の型の光コンポーネントあるいはそれらのあらゆる組合せなどの種々の型の光コンポーネントを包含し得る。気体は放射を過剰に吸収する可能性があるため、EUV放射には真空を使用するのが望ましい。そのため、真空壁および真空ポンプを用いてビームパス全体に真空環境が提供される。

#### 【0053】

[0066] 本発明において、例えばリソグラフィ装置は、反射型のもの（例えば、反射型マスクを採用しているもの）である。20

#### 【0054】

[0067] リソグラフィ装置は、2つ（デュアルステージ）以上の基板テーブル、例えば、2つ以上のマスクテーブルを有する型のものであってもよい。そのような「マルチステージ」機械においては、追加のテーブルは並行して使うことができ、または予備工程を1つ以上のテーブル上で実行しつつ、別の1つ以上のテーブルを露光用に使うこともできる。。

#### 【0055】

[0068] 図1を参照すると、イルミネータILは、放射源コレクタモジュールSOから極端紫外線放射ビームを受ける。EUV光を生成する方法としては、材料を、EUV範囲内の1つ以上の輝線を有する、例えばキセノン、リチウムまた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変換することが挙げられるが必ずしもこれに限定されない。そのような一方法では、レーザ生成プラズマ（「LPP」）と呼ばれることが多い所要のプラズマを、所要の線発光元素を有する材料の液滴、流れまたはクラスタなどの燃料をレーザビームで照射することによって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であり、図1に図示されていないレーザを含むEUV放射システムの一部分であってもよい。結果として生じるプラズマは、例えばEUV放射などの出力放射を放出し、これは、放射源コレクタモジュールに配置された放射コレクタを用いて集光される。例えば、燃料励起のためのレーザビームを提供するためにCO<sub>2</sub>レーザが使用される場合、レーザと放射源コレクタモジュールは、別個の構成要素であってもよい。30

#### 【0056】

[0069] そのような場合には、レーザは、リソグラフィ装置の一部分を形成するとはみなされず、また放射ビームは、例えば、適切な誘導ミラーおよび/またはビームエキスパンダを含むビームデリバリシステムを使って、レーザから放射源コレクタモジュールまで送られる。その他の場合においては、例えば放射源がDPP源と呼ばれることが多い放電生成プラズマEUVジェネレータである場合は、放射源は、放射源コレクタモジュールの一体部分とすることもできる。40

#### 【0057】

[0070] イルミネータILは、放射ビームの角強度分布を調節するアジャスタを含むこ50

とができる。一般に、イルミネータの瞳面内の強度分布の少なくとも外側および／または通常、それぞれ -outer および -inner と呼ばれる内側半径範囲を調節することができる。さらに、イルミネータ I L は、ファセット視野および瞳ミラーデバイスといったさまざまな他のコンポーネントを含むことができる。イルミネータを使って放射ビームを調整すれば、放射ビームの断面に所望の均一性および強度分布をもたせることができる。

#### 【0058】

[0071] 放射ビーム B は、サポート構造（例えば、マスクテーブル）M T 上に保持されているパターニングデバイス（例えば、マスク）M A 上に入射して、パターニングデバイスによってパターン形成される。パターニングデバイス（例えば、マスク）M A から反射された後、放射ビーム B は投影システム P S を通過し、投影システム P S は、基板 W のターゲット部分 C 上にビームの焦点をあわせる。第 2 ポジショナ P W および位置センサ P S 2（例えば、干渉計デバイス、リニアエンコーダ、または静電容量センサ）を使って、例えば、さまざまなターゲット部分 C を放射ビーム B の経路内に位置決めするように、基板テーブル W T を正確に動かすことができる。同様に、第 1 ポジショナ P M および別の位置センサ P S 1 を使い、パターニングデバイス（例えば、マスク）M A を放射ビーム B の経路に対して正確に位置決めすることもできる。パターニングデバイス（例えば、マスク）M A および基板 W は、マスクアライメントマーク M 1 および M 2 と、基板アライメントマーク P 1 および P 2 とを使って、位置合わせされてもよい。

#### 【0059】

[0072] 例示の装置は、以下に説明するモードのうち少なくとも 1 つのモードで使用できる。

#### 【0060】

[0073] 1. ステップモードにおいては、サポート構造（例えば、マスクテーブル）M T および基板テーブル W T を基本的に静止状態に保ちつつ、放射ビームに付けられたパターン全体を一度にターゲット部分 C 上に投影する（すなわち、単一静的露光）。その後、基板テーブル W T は、X および／または Y 方向に移動され、それによって別のターゲット部分 C を露光することができる。

#### 【0061】

[0074] 2. スキャンモードにおいては、サポート構造（例えば、マスクテーブル）M T および基板テーブル W T を同期的にスキャンする一方で、放射ビームに付けられたパターンをターゲット部分 C 上に投影する（すなわち、単一動的露光）。サポート構造（例えば、マスクテーブル）M T に対する基板テーブル W T の速度および方向は、投影システム P S の（縮小）拡大率および像反転特性によって決めることができる。

#### 【0062】

[0075] 3. 別のモードにおいては、プログラマブルパターニングデバイスを保持した状態で、サポート構造（例えば、マスクテーブル）M T を基本的に静止状態に保ち、また基板テーブル W T を動かす、またはスキャンする一方で、放射ビームに付けられているパターンをターゲット部分 C 上に投影する。このモードにおいては、通常、パルス放射源が採用されており、さらにプログラマブルパターニングデバイスは、基板テーブル W T の移動後ごとに、またはスキャン中の連続する放射パルスと放射パルスとの間に、必要に応じて更新される。この動作モードは、前述の型のプログラマブルミラーアレイといったプログラマブルパターニングデバイスを利用するマスクレスリソグラフィに容易に適用することができる。

#### 【0063】

[0076] 上述の使用モードの組合せおよび／またはバリエーション、あるいは完全に異なる使用モードもまた採用可能である。

#### 【0064】

[0077] 図 2 は、本発明の一実施形態に従って、放射源コレクタモジュール S O、照明システム I L および投影システム P S を含むリソグラフィ装置 L A P をより詳細に示す。放射源コレクタモジュール S O は、放射源コレクタモジュールの閉鎖構造 2 において真空

10

20

30

40

50

環境が維持されるように構築および配置されている。

#### 【0065】

[0078] レーザ4は、流体流ジェネレータ8から提供されるキセノン(Xe)、スズ(Sn)、またはリチウム(Li)などの燃料内に、レーザビーム6を介して、レーザエネルギーを堆積させるように配置される。液滴の形状にあることができる流体(すなわち、溶融)スズ、あるいは他の流体状態の鉄は、EUV放射源の燃料として最も有望でありすなわち適切な選択肢であると考えられる。燃料内にレーザエネルギーを堆積させることにより、電子温度が数10電子ボルト(eV)の高電離プラズマ10がプラズマ形成位置12に生成される。これらのイオンの脱励起および再結合中に生成されたエネルギー放射は、プラズマ10から放出され、近垂直入射コレクタ14によって集光かつ集束される。代替的に、かすめ入射コレクタを使用してもよい。レーザ4および流体流ジェネレータ8(および/またはコレクタ14)は、共に放射源、特にEUV放射源、を含むと考えられることができる。EUV放射源は、レーザ生成プラズマ(LPP)放射と呼ぶことができる。10

#### 【0066】

[0079] 一実施形態において、第2のレーザ(本実施形態において示されず)を設けることができ、第2のレーザは、レーザビーム6が燃料に入射する前に燃料を予熱するよう構成される。このアプローチを用いるLPP源を、デュアルレーザパルス(DLP)源と呼ぶこともある。このアプローチを用いるLPP源は、後述の実施形態において説明される。20

#### 【0067】

[0080] 図示されてはいないが、燃料流ジェネレータは、プラズマ形成位置12に向かう軌跡に沿って、例えば燃料液滴の流れを誘導するように構成されたノズルを含むか、あるいはそれに接続される。

#### 【0068】

[0081] 放射コレクタ14によって反射された放射Bは、仮想光源点16で集束される。仮想光源点16は、通常は中間焦点と呼ばれ、放射源コレクタモジュールSOは、中間焦点16が閉鎖構造2内の開口部18またはその近くに位置するように配置される。仮想光源点16は、放射放出プラズマ10のイメージである。

#### 【0069】

[0082] その後、放射Bは、照明システムILを通り抜け、この照明システムILは、パターニングデバイスマAにて放射ビームBの所望の角度分布ならびにパターニングデバイスマAにて放射強度の所望の均一性を提供するように配置されたファセット視野ミラーデバイスマ20およびファセット瞳ミラーデバイスマ22を含んでよい。サポート構造MTによって保持されたパターニングデバイスマAにおいて放射ビームが反射される場合においては、パターン付与されたビーム24が形成され、パターン付与されたビーム24は、ウェハステージまたは基板テーブルWTによって保持される基板W上に反射要素26、28を通じて投影システムPSによって結像される。30

#### 【0070】

[0083] 一実施形態において、照明システムILおよび投影システムPSにおいて追加の要素があつてもよい。さらに、図に示されるよりも多くのミラーがあつてもよく、例えば、(図2に示される要素に加えて)投影システムPS内に存在する反射要素よりも1~6個多くの反射要素が存在してもよい。40

#### 【0071】

[0084] 既存および提案される放射源(例えば、EUV放射源)はいずれも典型的には、直入射コレクタまたはかすめ入射コレクタを有するDPP放射源を有するLPP放射源の形態を有する。しかし、そのような放射源に対して莫大な資源が投資されているにも関わらず、それらの設計および動作において多くの問題点が存在する。

#### 【0072】

[0085] 直入射コレクタがLPP放射源において使用される場合、それらの寿命(した50

がって、放射源全体の関連する寿命、あるいは少なくとも作動時間)は、いくつかのメカニズム、例えば、コレクタ表面におけるEUV吸収の増加という結果をもたらし得るコレクタ表面におけるまたはコレクタ表面上における燃料(例えば、スズ)デブリの堆積などによって制限される。他の制限は、コレクタ表面自体の劣化によってもたらされる。例えば、コレクタ表面は、多層スタック(例えば、MoSi多層スタック)であってもよく、あるいは多層スタックを備えてもよく、このスタックには、使用される燃料(例えば、プラズマ形成中またはプラズマ形成後に使用される)の原子水素またはイオンが容易に埋め込まれることができ、それによって光学性能(すなわち、EUV放射の反射率)の劣化につながる可能性もある。その他の問題点としては、多層スタックを形成する異なる材料は、それらの境界において混ぜ合わさる可能性があり、それによって反射の劣化をもたらされる。イオンがコレクタ表面中に潜在的に埋め込まれることに加えて、コレクタ表面(例えば、多層などを備えるもの)は、プラズマが生成される時およびプラズマが生成された後、燃料の高エネルギーイオンによって少なくとも部分的にスパッタリングされてもよい。

#### 【0073】

[0086] 上述したように、DPP放射源において使用される代替的なコレクタは、かすめ入射コレクタである。これらのかすめ入射コレクタは、典型的には、近垂直入射コレクタに伴う劣化のメカニズムに悩まされることはない。しかし、現時点では、そのようなコレクタは、LPP放射源における使用に真に適切であるとは考えられていない。

#### 【0074】

[0087] 図3は、一実施形態に従って、プラズマ形成位置12において放射生成プラズマ10を生成するために燃料液滴(図示されず)に向かって誘導されたレーザ放射を示す。EUV放射30は、放射生成プラズマ10によって生成される。しかしながら、生成されたEUV放射30は、等方性分布を有さない。代わりに分布は、非等方性であり、EUV放射30は、レーザ放射6が発生した場所から戻る方向に優先的に伝搬する。つまり、生成されるEUV放射30のほとんどは、レーザ放射6が燃料液滴に誘導される方向とは反対の方向にコンポーネントを有する。典型的には、少なくともDPP放射源においては、かすめ入射コレクタは、プラズマ形成位置の下流に設置される。しかし、そのようなかすめ入射コレクタが、LPP放射源と共に使用される場合には(コレクタは、プラズマの生成において使用されるレーザビームの下流に設置される)、図3からかすめ入射コレクタは、生成されるほとんどのEUV放射30を集光することはないということがわかる。

#### 【0075】

[0088] 近垂直入射コレクタに関する上記問題点に悩まされないコレクタ配置を有するLPP放射源を提供することが望ましい。同時に、放射源がかすめ入射コレクタに伴う利点を有することを確実にすることが望ましい。これらの全ては同時に、例えばリソグラフィプロセス等において使用される、EUV放射を可能な限り多く集光することを確実にした上で達成されなければならない。

#### 【0076】

[0089] 本発明の一実施形態によると、上記問題点は回避または軽減することができ、かつ上記要求は少なくとも部分的に実現することができる。本発明の一実施形態は、LPP放射源を提供する。放射源は、燃料流(例えば、液滴の流れ)を生成し、プラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って燃料流を誘導するよう構成された燃料流ジェネレータを備える。レーザ放射アセンブリが提供され、そしてレーザ放射アセンブリは、放射生成プラズマを生成するためにプラズマ形成位置における燃料流に向かって第1方向に放射を誘導するよう構成される。本発明の一実施形態は、かすめ入射コレクタを有するとして、既存および提案される放射源から区別することができる。かすめ入射コレクタは、第1方向とは反対のコンポーネントを有する伝搬方向を有する放射生成プラズマによって生成された放射を集光するよう構築および配置(設置も含む)される。つまり、かすめ入射コレクタは、レーザビームが生成された場所から戻るように誘導された放射、またはレーザビームが生成された場所から戻る方向にコンポーネントを有する放射を集光するよう構築および

10

20

30

40

50

配置（再び、設置も含む）される。本発明の一実施形態によると、この放射源は、かすめ入射コレクタの特性を組み込む一方で、近垂直入射コレクタの問題点はもはや存在しないことを確実にする。同時に、かすめ入射コレクタの構築および配置は、著しい量の生成されたEUV放射（あるいは少なくとも、かすめ入射コレクタがレーザ放射の方向の下流に配置された場合と比べて、より多い量のEUV放射）が集光されることを可能にする。

#### 【0077】

[0090] 図4は、一実施形態に従って、放射源の一例を示す。放射源はハウジング40を備える。ハウジング40内には、燃料流（例えば、液滴の流れ）を生成しつつプラズマ形成位置44に向かう軌跡に沿って燃料流を誘導するよう構成された燃料流ジェネレータ42が設置される。示されてはいないが、燃料流ジェネレータは、ある量の燃料を保持するよう構成されたリザーバ、およびプラズマ形成位置44に向かう軌跡に沿って燃料流を誘導するよう構成されリザーバに対して流体接続されたノズルを備えてよい。一実施形態において、放射源は、最終的に第1方向48に沿ってプラズマ形成位置44における燃料流に向かってレーザ放射46を誘導するよう構成されたレーザ放射アセンブリ（以下により詳細に記述する）をさらに備える。

10

#### 【0078】

[0091] 一実施形態によると、ハウジング40内においても設置されるのは、第1方向48とは反対のコンポーネントを有する伝搬方向を有する放射生成プラズマによって生成される放射52を集光するために、位置決めを含め、構築および配置されるかすめ入射コレクタ50である。

20

#### 【0079】

[0092] 一実施形態において、かすめ入射コレクタ50は、プラズマ形成位置44および、かすめ入射コレクタ50の中間焦点54（またはその他の焦点）の間に設置される。第1方向48は、放射源56の光軸に実質的に沿うが、放射生成プラズマ52によって生成されかすめ入射コレクタ50によって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に沿う。これにより、集光される放射は、レーザビーム46が燃料流に入射する方向である第1方向48に実質的に反対の方向に優先的に伝搬する放射であることが確実となる。これによって、図3において示され、図3を参照して記載される原理に従って、集光される放射52の量の潜在的な増加がもたらされる。

30

#### 【0080】

[0093] かすめ入射コレクタ50（例えば、その中の1つ以上の同心シェル）は、レーザビーム46が燃料流に入射する前に、かすめ入射コレクタ50を通過するよう、レーザ放射46のビームパスを少なくとも部分的に囲む。これにより、第1方向から燃料をターゲットとすることが容易になり、それによってコレクタ50が反対方向に向かって優先的に伝搬する放射を集光することが可能となる。実際、第1方向48は、かすめ入射コレクタ50を通過して延在することがわかる。さらに、第1方向50は、光軸56と一致し得る、かすめ入射コレクタ50の対称の縦軸に実質的に沿う（例えば、平行しつつ沿う）ことがわかる。これにより、第1方向48とは反対の方向に優先的に伝搬する放射52を大量に集光することが再び容易になる。

40

#### 【0081】

[0094] かすめ入射コレクタ50に対して反対側であるプラズマ形成位置44（例えば、第1方向48の下流）上には、この実施形態においては開口部またはウインドウ58が設けられる。このウインドウまたは開口部58は、例えば、第1方向48に沿うコンポーネントを有する伝搬方向を優先的に有する汚染などを含む燃料デブリ60の抽出などといった、一つ以上の機能を容易にすることができる。代替的に、および／または加えて、このウインドウまたは開口48を通過して、プラズマ形成位置44などを検査するために一つ以上の検査装置を備えてよい。代替的に、および／または加えて、デブリ（デブリは汚染を含む）を軽減またはトラップするため、あるいは放射生成プラズマの生成において使用されなかった残存するあらゆるレーザ放射46を遮断（例えば、吸収）または適切に誘導するために都合のよい場所を設けるために、レーザビームダンプおよび／またはデブリ

50

トラップ(デブリトラップは軽減装置を含む)は、実質的に同じ場所に設置されてよい。  
【0082】

[0095] 図4に記載された方法でレーザ放射46を誘導することを達成するためには、レーザ放射アセンブリは、実施形態において、レーザ放射46が第1方向48に沿って再誘導されるように、レーザ放射46を第2方向62に向かって最初に誘導するよう構成されてもよい。これにより、コレクタ50を通過するようレーザ放射46を送り込むことを容易にしながら、レーザ放射アセンブリのいくつかの部分がコレクタ50から離れて位置することを可能とする。レーザ放射アセンブリは、レーザ64および記載された方法(例えば、第1方向48に向かって)でレーザ放射46を再誘導するために一つ以上の適切な再誘導構成66を有してよい。再誘導構成は、再誘導構成46の存在がさらに下流で集光または適切に誘導され得るEUV放射の量を減少させないようにするために、放射源のその他のコンポーネントのオプスキュレーションまたは影に適切に設置されてよい。  
10

【0083】

[0096] 一実施形態において、レーザ放射アセンブリは、プラズマ形成位置44における燃料流上にレーザ放射46を集束させるために、光学系68を集束することをさらに備え得る。図4に示される実施形態においては、この集束を達成するために、レンズ68が設けられる。その他の実施形態(図示されず)においては、再誘導要素66自体がこの集束機能の少なくとも一部を提供し得る。

【0084】

[0097] この実施形態において、ほとんどの汚染およびデブリ等は、第1方向48に沿いかつコレクタ50から離れて生成されるが、汚染が再誘導装置66に到達することおよび/または再誘導装置66を汚染することを防ぐために、バッファ等を設けることは依然として望ましいことであり得る。これを達成するために、ガス流を生成しつつガス流を再誘導構成に向かってあるいは再誘導構成を横切るように誘導するようガス流ジェネレータ(図示されず)が設けられてよく、それによって再誘導構成66上に汚染が入射および/または堆積することが防がれ、あるいは再誘導構成66から汚染またはデブリが除去される。  
20

【0085】

[0098] 再誘導構成は、例えば、一つ以上のレンズ、鏡および/またはプリズムを備える、いかなる適切な構成であってよい。  
30

【0086】

[0099] レーザ放射46は、レーザがハウジング40の外側に設置されるように、ウインドウまたは開口部等70を経由してハウジング40に適切に誘導されてよい。

【0087】

[00100] 「開口部」という用語が使用されているが、これは使用中ハウジング40内において真空環境の維持が可能であることを確実にするために、封口部であってよい。

【0088】

[00101] 典型的なLPP放射源においては、放射生成プラズマを生成するための燃料流の一部(例えば、燃料液滴)上に入射する(通常は赤外線である)放射ビームは、燃料流の一部によって完全に吸収されない可能性がある。代わりに、放射生成プラズマを生成するために使用される赤外線放射のいくらかは、燃料流の一部の位置を通過、あるいは燃料流の一部によって分散される可能性がある。通常は、放射ビームは、放射源の光軸に沿う燃料流に向かって誘導され、それにより放射源は、燃料流によって吸収されていないあらゆる放射が放射源の中間焦点を通過しつつリソグラフィ装置上およびリソグラフィ装置を通過することを容易にさせる。代替的な構成においては、放射源の光軸に垂直な角度で燃料流に放射ビームを誘導することが知られている。燃料流の位置を通過する放射はもはや中間焦点を通過する可能性はなくとも、燃料から分散される放射は、いまだ中間焦点を通過する可能性がある。  
40

【0089】

[00102] 上記問題点は、例えば、中間焦点の近くまたは中間焦点において、スペクト  
50

ル純度フィルタを使用することによって部分的に除去または軽減することができる。スペクトル純度フィルタは、リソグラフィ装置（例えば、リソグラフィ装置中のイルミネータ）中への赤外線放射の伝搬を制限または防止することができるが、同時に、スペクトル純度フィルタは、リソグラフィ装置（例えば、リソグラフィ装置中のイルミネータ）中を通過するEUV放射（または放射生成プラズマによって生成されるその他のあらゆる放射）の量を減少させ得る。これは、EUV放射の減少は、例えばスループットを減少させる可能性があるため、望ましくない。そのため、スペクトル純度フィルタの使用を避けることが望ましい。

#### 【0090】

[00103] 本発明の一実施形態によると、上記問題点は少なくとも部分的に除去または軽減することができ得る。図5および図6には、本発明によって使用される原理が示される。図5は、レーザ放射の第1ビーム100は、プラズマ形成位置104における燃料流102（たとえば、燃料流における液滴）に向かって誘導されることを示す。レーザ放射の第1ビーム100は、「プリパルス」とも呼ばれ得る。レーザ放射の第1ビーム100は、使用中、変性燃料ターゲットを生成する。図6は、プラズマ形成位置104における変性燃料ターゲット106を示す。変性燃料ターゲット106は、液滴102と比較して、比較的細長く、平板または／およびディスク状の形状を有し、複数のより小さい液滴（例えば、ミストなど）から構成されてよい。10

#### 【0091】

[00104] ひとたび変性燃料ターゲット106が生成されると、使用中、放射生成プラズマを生成するために、レーザ放射の第2ビーム108（「メインパルス」と呼ばれる場合もある）は、プラズマ形成位置104における変性燃料ターゲット106に誘導される。20

#### 【0092】

[00105] 図5および図6を合わせて参照すると、レーザ放射の第1ビーム100は、放射源の光軸に実質的に沿うように燃料流102に向かって誘導される。これにより、図6に示されるように、続いて生成される変性燃料ターゲット106は光軸に実質的に垂直な方向において細長くあることが確実となる。放射108の第2ビームが、変性燃料ターゲット106上に入射する際（一般的に、入射角に関わらず）、ターゲット106の形状および方向付けは、ターゲット106の伸長方向に、すなわち光軸105に沿って、実質的に垂直な方向において放射生成プラズマがEUV放射を生成することを確実にすることから、変性燃料ターゲット106が光軸に実質的に垂直な方向において細長いことは有利なことである。レーザ放射の第2ビームは、光軸に対して実質的に0°より大きく（つまり、光軸105に対して平行ではない）かつ90°より小さい角度で（つまり、光軸105に対して垂直ではない）変性燃料ターゲットに向かって誘導されてよい。図6において見られるように、プラズマの生成に使用されない第2ビーム108を構成するあらゆる放射は、比較的制御された方法でプラズマ形成位置104から離れるように反射される。反射は、変性燃料ターゲット106の比較的細長く、平板または／およびディスク状の形状によって促進または増進される。この制御された反射は、分散を減少させる可能性があり、また反射したレーザビーム放射108が誘導される方向に対して少なくともある程度の制御を可能とする。これにより放射が、例えば放射源の中間焦点を通過することを制御することができる。この制御は、例えば反射した放射が焦点からあるいはその焦点を有するコレクタから離れるように誘導することによって達成され得る。30

#### 【0093】

[00106] 図5および図6に示されかつ図5および図6を参照して記載される原理の実際的な実施形態は、図7から図13に関連して以下に説明される。

#### 【0094】

[0100] 図7は、本発明の一実施形態に従って放射源を概略的に示す。放射源は、プラズマ形成位置104に向かって燃料流102を誘導するように構成された燃料流ジェネレータ110（例えば、液滴ジェネレータ）を備える。プリパルスレーザ放射アセンブリが40

提供され、またプリパルスレーザ放射アセンブリは、使用中、変性燃料ターゲット 106 を生成するために、プラズマ形成位置 104 における燃料流 102 にレーザ放射（例えば、赤外線放射）の第 1 ビーム 100 を誘導するよう構成される。プリパルスレーザ放射アセンブリは、第 1 レーザ 112、レンズまたは集束機構 114 および、本実施例においては、プラズマ形成位置 104 における燃料流 102 にレーザ放射の第 1 ビーム 100 を誘導するためのミラー 116（集束機能を有し得る）を含んでよい。使用中は、図 5 および図 6 に関連して説明されたように、変性燃料ターゲット 106 がプラズマ形成位置 104 において設けられる。

#### 【0095】

[0101] 再び図 7 を参照すると、放射源は、使用中に放射生成プラズマ 117 を生成するため、プラズマ形成位置 104 における変性燃料ターゲット 106 にレーザ放射（例えば、赤外線放射）の第 2 ビーム 108 を続いて誘導するよう構成されたメインパルスレーザ放射アセンブリさらに備える。メインパルスレーザ放射アセンブリは、例えば、第 2 レーザ 118 および集光光学系 120 を備えてよい。第 2 レーザビーム 108 は、通常は、第 1 レーザビーム 100 より多くのエネルギーを送り込む。10

#### 【0096】

[0102] 使用中、レーザ放射の第 2 ビーム 108 は、プラズマ形成位置 104 において放射生成プラズマ 117 が生成されることをもたらし、その結果、プラズマ 117 から放射（例えば、EUV 放射）が発せられることをもたらす。垂直入射コレクタ 122 は、放射生成プラズマ 117 において生成される放射を集光するためかつ集光された放射 124 を放射源の光軸 105 に沿って誘導するように提供される。20

#### 【0097】

[0103] 上述したように、レーザ放射の第 1 ビーム 100 は、実質的に光軸 105 に沿って燃料流 102 に向かって誘導される。本実施形態においても、放射の第 1 ビーム 100 は、放射源の光軸 105 に沿ってコレクタ 122 に向かって誘導されるが、コレクタ 122 によって集光かつ集束される放射 124 の一般的な伝搬方向とは反対の方向に誘導される。燃料流 102 から後方散乱（これは、実施時に起こる得る）した放射の第 1 ビーム 100 のあらゆる部分は、一般的には、中間焦点を通じてコレクタ 122 によってリソグラフィ装置上およびリソグラフィ装置（例えば、リソグラフィ装置中のイルミネータ）を通過するように集光および集束されないため、放射の第 1 ビーム 100 がコレクタ 122 によって集光かつ集束される放射 124 の一般的な伝搬方向とは反対の方向に放射源の光軸 105 に沿ってコレクタ 122 に向かって誘導されることは有利である可能性がある。30

#### 【0098】

[0104] レーザ放射の第 1 ビームを導入するための他のアプローチは、レーザ放射の第 1 ビームを、光軸 105 沿いにかつコレクタ 122 によって集光かつ集束された放射 124 の一般的な伝搬方向にコレクタ 122 中に設けられる開口部 130 を通過させるアプローチである。そのような代替案は、一点鎖線 132 によって示され、その代替案においては後方散乱されたあらゆる放射は、コレクタ 122 によって中間焦点 128 を通じて集光および集束され得る。

#### 【0099】

[0105] 図 7 は、レーザ放射の第 2 ビーム 108 は、光軸に対して実質的に 0° より大きくかつ 90° より小さい角度で変性燃料ターゲット 106 に向かって誘導されることを示す。これは、放射生成プラズマ 117 の形成に使用されないあらゆる放射の比較的制御された反射 134 を促進または増進する。反射は、コレクタ 122 に向かうかつ / または中間焦点 128 を通過するとは考えられないため、リソグラフィ装置を通過し、例えば、基板等の上に至るような放射の量が制限される。40

#### 【0100】

[0106] 図 7 に示される配置は、レーザ放射の第 2 のビーム 108 は垂直入射コレクタ 122 の反対に面する変性燃料ターゲット 108 の側面に誘導されることから、さらに有利である。そのため、放射の第 2 ビーム 108 のいかなる部分が分散されても、そのよう50

な分散は、コレクタ 122 から離れるように誘導される可能性があり、そのためそのような分散されたあらゆる放射が、放射源の中間焦点 128 を通過することが防止される。

#### 【0101】

[0107] 図 8 は、図 7 に示され図 7 を参照して示される配置と同様の配置を示す。しかし、図 8 において、そして図 7 とは対照的に、レーザ放射の第 2 ビーム 108 は、ここでは垂直入射コレクタ 122 に面する変性燃料ターゲット 106 の側面に向かって誘導されると示される。変性燃料ターゲット 106 から分散される放射の第 2 ビーム 108 のあらゆる部分は、コレクタ 122 に向かって誘導されてよく、それによりそのような分散された放射は放射源の中間焦点 128 に向かって集光かつ集束されることができる。

#### 【0102】

[0108] 図 9 は、さらなる実施形態を示す。示される実施形態は、図 7 において示され図 7 を参照して示される実施形態と同様である。しかし、図 9 においては、レーザ放射の第 2 ビームは今度は、光軸 105 に対してより浅い角度で変性燃料ターゲット 106 に誘導される。これによって生じる結果として、仮にレーザ放射の第 2 ビーム 108 が燃料流 102 または変性燃料ターゲット 106 上に入射（または十分に入射）しない場合には、レーザ放射の第 2 ビーム 108 の少なくとも一部がコレクタ 122 に向かって伝搬する可能性が生じる。そのため、本実施形態においては、レーザ放射の第 2 ビーム 108 が燃料流 102 または変性燃料ターゲット 106 に入射しない場合において、放射の第 2 ビームが通過することができる開口部 140（破線で示される）がコレクタに設けられる。レーザ放射の第 2 ビーム 108 が燃料流 102 または変性燃料ターゲット 106 に入射しないという事態は、液滴生成および / または液滴位置とレーザ発射との間に生じるタイミングの誤りあるいは一切の燃料が提供されない場合において生じる可能性がある。開口部 140 が無ければ、レーザ放射の第 2 ビームは、垂直入射コレクタ 122 によって集光かつ集束され、中間焦点 128 上に送られかつ中間焦点 128 を通過し、その結果リソグラフィ装置全体上およびリソグラフィ装置全体中を通過する。

#### 【0103】

[0109] 上記原理は、垂直入射コレクタが使用される LPP 放射源にのみ適用されるわけではない。代替的にまたは加えて、これらの原理は、かすめ入射コレクタが使用される LPP 放射源において（例えば、図 4 に関連して説明された上記放射源の1つ以上の特徴を有する放射源において）適用され得る。そのような実施形態は、図 10、図 11、図 12 および図 13 において示される。

#### 【0104】

[0110] 図 7 から図 9 において示される実施形態と図 10 から図 13 において示される実施形態との間の第 1 および主な違いは、図 10 から図 13 において示される実施形態においてはかすめ入射コレクタ 150 が（垂直入射コレクタに対して）示されているという点である。もう一つの違いは、燃料流 102 に入射する際の放射の第 1 ビーム 100 の望ましい伝搬方向および放射の第 2 ビーム 108 を変性燃料ターゲット 106 上に出射する望ましい側面である。これらの違いが以下に記載される。

#### 【0105】

[0111] 図 10 では、コレクタ 150 は今度は、複数の同心（すなわち入れ子状）シェルを備えるかすめ入射コレクタである。あらゆる分散された放射がコレクタ 150 によって集光されるのを制限するために、放射の第 2 ビーム 108 は、コレクタ 150 の反対に面する変性燃料ターゲット 108 の側面に向かって再び誘導される。しかしながら、今度は入射角は、垂直入射コレクタを備える放射源である図 7 の放射源に関連して示される入射角とは実質的に反対の入射角である。この違いは、図 10 のかすめ入射コレクタ 150 がプラズマ形成位置 104 と中間焦点 128 との間に設置されていることに起因する。同様に、放射の第 1 ビーム 100 は、実質的に光軸 105 に沿ってかすめ入射コレクタ 150 によって集光される放射 124 の一般的な伝搬方向にかすめ入射コレクタ 150 に向かって誘導されるよう、放射の第 1 ビーム 100 の望ましい伝搬方向も逆向きになる。その理由としては、放射の第 1 ビーム 100 のあらゆる後方分散された放射は、再びかすめ

10

20

30

40

50

入射コレクタ 50 に向かって誘導されず、またかすめ入射コレクタ 50 によって集光されないためである。

#### 【0106】

[0112] その他の代替案は、一点鎖線 132 によって示され、その代替案においては、放射の第1ビームは、放射源の光軸に沿うが、かすめ入射コレクタ 150 によって集光される放射 124 の一般的な伝搬方向とは反対の方向にかすめ入射コレクタ（例えば、少なくともかすめ入射コレクタの縦軸に部分的に沿って）を通過するよう誘導される。放射の第1ビーム 100 を構成するあらゆる後方分散された放射は、かすめ入射コレクタ 150 によって集光されかつ、中間焦点 128 上に送られかつ中間焦点 128 を通過し得る。

#### 【0107】

[0113] 図 11 は、図 10 において示される実施形態と同様の実施形態を示すが、放射の第2ビーム 108 は、変性燃料ターゲット 108 上への入射角として、図 10 において示される入射角とは実質的に反対の入射角を有し、とりわけ、放射の第2ビーム 108 は、コレクタ 150 に向かって面する変性燃料ターゲット 106 の側面に向かって誘導される。放射の第2ビーム 108 を構成する放射で変性燃料ターゲット 106 から後方分散等されるあらゆる放射は、かすめ入射コレクタ 150 によって集光されかつ中間焦点 128 中および中間焦点 128 を通過するよう集束され得る。

#### 【0108】

[0114] 上述したように、プラズマ形成位置において生成された放射は、等方性分布をもって生成されない。代わりに、分布は異方性であり、生成された放射は、放射レーザ放射の第2（メイン）ビームが由来する場所から戻る方向に優先的に伝搬する。これは、図 11、または実際のところ図 8 の配置は、基板のパターニングに使用するためにプラズマ形成位置において生成される放射のより多くを集光することを可能にするということを意味する。しかし、また同時に、プラズマの生成（等）の間に作成された粒子汚染もまたコレクタに向かってより多くの汚染が伝搬する、異方性伝搬方向を有する可能性がある。この問題点は、プラズマ形成位置とコレクタとの間にデブリ軽減装置を設けることによって回避または軽減することができる。図 12 は、この問題点が回避または軽減された実施形態を示す。

#### 【0109】

[0115] 図 12 は、図 11 に示される実施形態と同様であるが、今度はプラズマ形成位置 104 とかすめ入射コレクタ 150 の間に設置されたデブリ軽減装置 200 を含む他の実施形態を示す。デブリ軽減装置 200 は、コレクタ 150 上に送られおよび／またはコレクタ 150 中を通過することができる汚染を防ぐ、あるいは汚染の量を制限するために使用される。

#### 【0110】

[0116] 放射の第2ビーム 108 は、デブリ軽減装置 200 を通過するよう誘導されてよい（図 2 に示されるように）。放射の第2ビーム 108 もまた、コレクタ 150 を通過するよう誘導されてよい。これらの特徴の一つあるいは両方は、放射源全体の設計をより小型のものにし、かつ／またはコレクタ 150 に向かって面する変性燃料ターゲット 106 の側面に向かって放射の第2ビーム 108 を誘導することを容易にすることを可能にし得る。同時に、この構成は、デブリ軽減装置 200 をプラズマ形成位置 104 およびかすめ入射コレクタ 150 の間で使用することを可能にする。図示されてはいないが、一つ以上のミラーまたはその他の光エレメントは、コレクタ 150 および／またはデブリ軽減装置 200 を通過するようにレーザ照射の第2ビームを誘導するために使用することを可能にする。ミラーまたはその他の光エレメントは、加えておよび／または代替的にビーム 108 の調整（例えばビーム 108 を集束しえる／またはビームが一定の開口数をあるいはコレクタ 150 またはデブリ軽減装置 200 の要素（例えば、フォイルまたはミラー）等と並行な関係性を有することを確実にすること）に使用することができる。

#### 【0111】

[0117] 図 13 は、図 12 に示される実施形態を変更したものであると理解される実施

10

20

30

40

50

形態を示す。上述したように、図13において、伸長方向（例えば、光軸105に対して垂直な半径）を有するディスク状の変性燃料ターゲット106を形成するために、レーザ放射の第1ビーム100は、光軸105を沿ってプラズマ形成位置104に向かって誘導される。放射の第2ビーム108は、変性燃料ターゲット106上に入射する前に、光軸105を沿って、かすめ入射コレクタ150（ミラーまたはその他の再方向付け要素によって反射された後）およびデブリ軽減装置200の両方を通過するように誘導される。この構成（あるいはそのバリエーション）は、放射源全体の設計をより小型のものにし、かつ／またはコレクタ150に向かって面する変性燃料ターゲット106の側面に向かって放射の第2ビーム108を誘導することを容易にすることを可能にし得る。デブリ軽減装置200が固体を備えるあるいは固体である場合（例えば、静的または回転フォイルトラップ）、その構成は、デブリ軽減装置200中およびデブリ軽減装置200を通過して延在し、放射の第2ビーム108が誘導される軸に沿って通過する中空軸302を設けることによって容易になり得る。

#### 【0112】

[0118] 示された実施形態においては、レーザ放射の第2ビーム108は、放射の第1ビーム100とは反対の方向に誘導される。これは、構成全体の設計自由度を増すかつ／または上記あるいは下記一つ以上の利点を実現し得る（例えば、燃料ターゲットに関する放射の第1および／または第2ビーム100、108の入射角度）。

#### 【0113】

[0119] その他の実施形態（図示されず）においては、第1および／または第2ビームの一つあるいは両方は、コレクタおよび／またはデブリ軽減装置を通過し得る。

#### 【0114】

[0120] デブリ軽減装置は、図12および図13において示される配置に限定されず、例えば図8に示され図8を参照して示されるその他の装置にも適用することができる。どの例においても、デブリ軽減装置は、いかなる適切な装置であってもよい（例えば、静的フォイルトラップ、回転フォイルトラップ、ガス流ベースシステムあるいは電場および／または磁場（静的または変動的）ベース配置のうちの1つ以上あるいは、これらの組み合わせ）。

#### 【0115】

[0121] 一般的には、放射源およびそのコレクタの光軸に実質的に沿う燃料流に向かってレーザ放射の第1ビームを誘導することは特に有利なことである可能性がある。上述したように、これにより、続いて生成される変性燃料ターゲットは、確実に光軸に対して実質的に垂直な方向に細長くなる。放射の第2ビームが変性燃料ターゲットに入射する時（一般的に、入射角に関わらず）、ターゲットの形状及び向きは、放射生成プラズマがターゲットの伸長方向に実質的に垂直な方向（すなわち、当然コレクタが作動するように設計された方向である光軸に沿った方向）にEUV放射を生成することを確実にするため、放射集光が改善されることから、変性燃料ターゲットが光軸に対して実質的に垂直な方向に細長いことは有利なことである可能性がある。これは、かすめ入射コレクタは、概要が上記に述べられた構成（すでに説明されたように）においては通常は使用されないため、コレクタがかすめ入射コレクタである場合に特にあてはまり、そのためそのような原理は、そのようなかすめ入射コレクタに関する検討されたことはなかった。

#### 【0116】

[0122] そのため、本発明の他の実施形態によると、放射源（あるいはそのような放射源に接続されることを含むリソグラフィ装置）が提供される。放射源は、燃料流を生成しつつプラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って燃料流を誘導するよう構成された燃料流ジェネレータと、変性燃料ターゲットを生成するためプラズマ形成位置における燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されたプリパルスレーザ放射アセンブリと、放射生成プラズマを生成するためにプラズマ形成位置における変性燃料ターゲットに向かってレーザ放射の第2ビームを誘導するよう構成されたメインパルスレーザ放射アセンブリと、放射生成プラズマによって生成された放射を集光しつつ集光した放射を放射源の光軸に

10

20

30

40

50

沿って誘導するよう構成されたかすめ入射コレクタと、光軸に実質的に沿って燃料流に向かって誘導されるレーザ放射の第1ビームと、を備える、放射源。

#### 【0117】

[0123] 放射源は、適切な場合は、それらの利点も含めて詳細に説明された特徴である上記説明された一つ以上の特徴（その組み合わせも含む）を有してよい。例えば、レーザ放射の第2ビームは、放射の第1ビームとは反対の方向に誘導されてよい。他の箇所で説明されているように、これは、装置全体の設計自由度を増し（それにより全体的な設計がより小型となりかつ／またはメンテナンス目的等のためのよりアクセス可能なデザインに繋がり得る）かつ／または上記あるいは下記一つ以上の利点が実現することに繋がる可能性がある（例えば、燃料ターゲットに関連する放射の第1および／または第2ビーム100、108の入射角度）。

10

#### 【0118】

[0124] 上記実施形態において、どのように放射の第1ビーム（放射のプリパルスビームと呼ばれ得る）は、光軸に実質的に沿う伝搬方向（発明の実施態様に従って、その軸のどちらの方向に沿ってもよい）を有し得るかということが記載された。この文脈における「実質的」は、光軸に対して20°より小さい、10°より小さい、5°より小さい、3°より小さい、1°より小さい、0.5°より小さい傾斜角またはその光軸に対して平行な角度を有する伝搬方向を含み得る。同様に、放射の第1ビームは、ディスク様形状の変性燃料ターゲットあるいはより一般的には平坦形状のターゲットを形成するために使用されると記載されている。そのため変性ターゲットは、平坦化の結果、光軸に実質的に垂直な方向においてはより細長い形状を有し得る。放射の第1ビームは、光軸に「実質的」に沿うという記載に対応して、変性ターゲットの伸長方向は、光軸に対する垂直線から20°より小さい、10°より小さい、5°より小さい、3°より小さい、1°より小さい角度で離れてよく、あるいは光軸に対して垂直であってよい。

20

#### 【0119】

[0125] いずれかの実施形態においても、参照される（例えば、誘導され得る放射ビームに沿うまたは放射ビームに対する）放射源の光軸は、放射源のコレクタの光軸であつてよい。これは、放射ビーム（例えば、レーザ放射ビーム（または複数を含む））を誘導することは、コレクタによって集光された放射に対して影響を与えるからであり、そのためコレクタの光軸に対する放射の方向は重視すべき事項となる。

30

#### 【0120】

[0126] 実施形態において放射ビームは、変性ターゲットから潜在的に少なくとも部分的に反射されるか反射可能であると記載される。反射は、ビームダンプ、またはウインドウ、または開口部、または放射が分散もしくはリソグラフィ装置中におよび／またはリソグラフィ装置を通過するよう（特にリソグラフィ装置のメインビームパスに沿うよう）再誘導されることを実質的に防止するいかなる位置または要素などの特定の位置に向かって誘導され得る。

#### 【0121】

[0127] 本発明の一実施形態の放射源は、リソグラフィ装置、例えば図1および図2において示されるリソグラフィ装置、において適切に使用されてよい（その場合、本発明の放射源は図2に関連して記載された放射源と置換される）。当然ながら、放射源は、必ずしもリソグラフィやリソグラフィ装置に関連するわけではないその他の環境においても使用されることができる。

40

#### 【0122】

[0128] 本明細書において、IC製造におけるリソグラフィ装置の使用について具体的な言及がなされているが、本明細書記載のリソグラフィ装置が、集積光学システム、磁気ドメインメモリ用のガイダンスパターンおよび検出パターン、フラットパネルディスプレイ、液晶ディスプレイ（LCD）、薄膜磁気ヘッド等の製造といった他の用途を有し得ることが理解されるべきである。当業者にとっては当然のことであるが、そのような別の用途においては、本明細書で使用される「ウェーハ」または「ダイ」という用語はすべて、

50

それより一般的な「基板」または「ターゲット部分」という用語と同義であるとみなしてよい。本明細書に記載した基板は、露光の前後を問わず、例えば、トラック（通常、基板にレジスト層を塗布し、かつ露光されたレジストを現像するツール）、メトロロジーツール、および／またはインスペクションツールで処理されてもよい。適用可能な場合には、本明細書中の開示内容を上記のような基板プロセシングツールおよびその他の基板プロセシングツールに適用してもよい。さらに基板は、例えば、多層ICを作るために複数回処理されてもよいので、本明細書で使用される基板という用語は、すでに多重処理層を包含している基板を表すものとしてもよい。

#### 【0123】

[0129] 「軌跡」という用語は、本明細書で燃料流のパスを説明するために使用され、空間（すなわち、自由空間）を通過する燃料流の自由行程であるとして理解される。これは例えば、流れが燃料リザーバ（またはその他のサポート構造）のノズルまたはアウトレットを離れた時の流れのパスを説明し得る。 10

#### 【0124】

[0130] 燃料流は連続的である可能性があるが、例えば複数の液滴を有するなどして、少なくとも部分的に非連続的である可能性が高い。液滴は、ターゲットとするのにより容易であり得るかあるいは、より一般的には、放射生成プラズマの生成において使用するのに容易であり得る。 20

#### 【0125】

[0131] リソグラフィ装置を説明する時に、「レンズ」という用語は、文脈によっては、屈折、反射、磁気、電磁気、および静電型光コンポーネントを含む様々な種類の光コンポーネントのいずれか1つまたはこれらの組合せを指すことができる。 20

#### 【0126】

[0132] 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、「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理解されたい。「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、全部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。 30

#### 【0127】

[0133] 以上では、特定の機能の実施態様を例示する機能的構成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。 30

#### 【0128】

[0134] 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、および／またはこれら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内に入るものとする。本明細書の言葉遣い又は用語は説明のためのもので、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。 40

#### 【0129】

[0135] 更なる実施形態によると、燃料流を生成しあつプラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って燃料流を誘導するよう構成された燃料流ジェネレータと、使用中に放射生成プラズマを生成するため、プラズマ形成位置における燃料流に向かって第1方向にレーザ放射を誘導するように構成されるレーザ放射アセンブリと、第1方向とは逆方向のコンポーネントを有する伝搬方向を有する放射生成プラズマによって生成された放射を集光するよう構築および配置されたかすめ入射コレクタと、を備える、放射源が提供されてよい。 50

## 【0130】

[0136] 一実施形態において、かすめ入射コレクタは、プラズマ形成位置とかすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置されてよい。

## 【0131】

[0137] 一実施形態において、第1方向は、放射源の光軸に実質的に沿ってよいが、放射生成プラズマによって生成されかつかすめ入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に沿う。

## 【0132】

[0138] 一実施形態において、かすめ入射コレクタは、レーザ放射が燃料流に入射する前にかすめ入射コレクタを通過するよう、レーザ放射のビームパスを少なくとも部分的に囲んでよい。  
10

## 【0133】

[0139] 一実施形態において、第1方向は、かすめ入射コレクタを通過して延在（あるいは通過）してよい。

## 【0134】

[0140] 一実施形態において、第1方向は、かすめ入射コレクタを通過して延在（あるいは通過）し、かつかすめ入射コレクタの縦の対称軸に沿ってよい。

## 【0135】

[0141] 一実施形態において、かすめ入射コレクタに対して反対側であるプラズマ形成位置の側面（例えば、第1方向48の下流）上には、開口部、ウインドウ、レーザビームダンプ、デブリ軽減装置、および／またはデブリトラップのうち一つ以上が設けられてよい。  
20

## 【0136】

[0142] 一実施形態において、レーザ放射アセンブリは、レーザ放射を第2方向に向かって最初に誘導するよう構成されてよく、レーザ放射は、第2方向に伝搬するレーザ放射を受け取りかつレーザ放射を第1方向に沿って再誘導するように配置された再誘導構成をさらに備える。

## 【0137】

[0143] 一実施形態において、ガス流を生成しつ／または再誘導構成に向かってまたは再誘導構成を横切るようにガス流を誘導するためにガス流ジェネレータが設けられてよい。  
30

## 【0138】

[0144] 一実施形態において、レーザ放射アセンブリは、レーザ放射を生成するためにレーザを備えてよい。

## 【0139】

[0145] 一実施形態において、レーザ放射アセンブリは、プラズマ形成位置においてレーザ放射を燃料流に集光するための集光レンズを備えてよく、かつ／または再誘導構成は、プラズマ形成位置においてレーザ放射を燃料流に集光するための集光レンズの一部を形成してよい。

## 【0140】

[0146] 一実施形態において、再誘導構成は、レンズ、ミラーおよび／またはプリズムのうち一つ以上を備えてよい。

## 【0141】

[0147] 一実施形態において、かすめ入射コレクタは、コレクタシェルを備えてよい。かすめ入射コレクタは一つ以上の入れ子シェルを備えてよい。入れ子シェルは、同心状に配置されてよい。

## 【0142】

[0148] さらなる実施形態が、以下のように番号付けられた節によって提供されてよい。

。

1 . 放射源であって、

50

燃料流を生成しあつ前記燃料流をプラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って誘導するよう構成された燃料流ジェネレータと、

変性燃料ターゲットを生成するために前記プラズマ形成位置における前記燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されたプリパルスレーザ放射アセンブリと、

放射生成プラズマを生成するために前記プラズマ形成位置における前記変性燃料ターゲットにレーザ放射の第2ビームを誘導するよう構成されたメインパルスレーザ放射と、

前記放射生成プラズマによって生成された放射を集光しあつ集光した放射を前記放射源の光軸に沿って誘導するよう構成されたコレクタと、を備え、

レーザ放射の前記第1ビームは、前記光軸に実質的に沿って前記燃料流に向かって誘導され、

レーザ放射の前記第2ビームは、前記光軸に対して実質的に $0^{\circ}$ より大きくかつ $90^{\circ}$ より小さい角度で前記変性燃料ターゲットに向かって誘導される、放射源。

2. 放射の前記第2ビームは、前記コレクタの反対に面する前記変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導される、節1に記載の放射源。

3. 放射の前記第2ビームは、前記コレクタに面する前記変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導される、節1に記載の放射源。

4. 放射の前記第2ビームは、前記コレクタに向かって誘導され、前記コレクタは、放射の前記第2ビームが前記燃料流または前記変性燃料ターゲットに入射しない場合には、放射の前記第2ビームが通過することができる開口部が設けられる、節1に記載の放射源。

5. 前記コレクタは垂直入射コレクタであって、放射の前記第1ビームは、前記放射源の前記光軸に沿いに前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記垂直入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向に、前記垂直入射コレクタに設けられた開口部を通過するよう誘導される、節1に記載の放射源。

6. 前記コレクタは、垂直入射コレクタであって、放射の前記第1ビームは、前記放射源の前記光軸に沿って前記コレクタに向かって誘導されるが、前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記垂直入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に沿う、節1に記載の放射源。

7. 前記コレクタは、かすめ入射コレクタであって前記 plasma 形成位置と前記かすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置され、放射の前記第1ビームは、前記放射源の前記光軸に沿って前記かすめ入射コレクタを通過するよう誘導されるが、前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記かすめ入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に沿う、節1に記載の放射源。

8. 前記コレクタは、かすめ入射コレクタであって前記 plasma 形成位置と前記かすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置され、放射の前記第1ビームは、前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記かすめ入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向に前記放射源の前記光軸に沿って、前記かすめ入射コレクタに向かって誘導される、節1に記載の放射源。

9. 前記燃料流ジェネレータは、ある量の燃料を保持するよう構成されたリザーバと、前記リザーバに流体接続されかつ前記燃料流を前記 plasma 形成位置に向かう前記軌跡に沿って誘導するように構成されたノズルを備える、節1に記載の放射源。

10. 前記燃料流は、燃料液滴の流れを備える、節1に記載の放射源。

11. レーザ放射の前記第1ビームは、前記変性燃料ターゲットが実質的にディスク形状の雲であり、前記ディスクが前記光軸に対して実質的に垂直な半径を有することを確実にするよう構成される、節1に記載の放射源。

12. デブリ軽減装置は、前記 plasma 形成位置と前記コレクタの間に設置される、節1に記載の放射源。

13. 放射源であって、

燃料流を生成しあつ plasma 形成位置に向かう軌跡に沿って前記燃料流を誘導するよう構成された燃料流ジェネレータと、

10

20

30

40

50

変性燃料ターゲットを生成するために前記プラズマ形成位置における前記燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されたプリパルスレーザ放射アセンブリと、

放射生成プラズマを生成するために前記プラズマ形成位置における前記変性燃料ターゲットにレーザ放射の第2ビームを誘導するよう構成されたメインパルスレーザ放射アセンブリと、

前記放射生成プラズマによって生成された放射を集光しつつ集光した放射を前記放射源の前記光軸に沿って誘導するよう構成されたコレクタと、を備え、

レーザ放射の前記第1ビームは、前記光軸に実質的に沿って前記燃料流に向かって誘導され、

レーザ放射の前記第2ビームは、前記光軸に対して実質的に0°より大きくかつ90°より小さい角度で前記変性燃料ターゲットに向かって誘導される、節13に記載の放射源。

14. 放射の前記第2ビームは、前記コレクタの反対に面する前記変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導される、節13に記載の放射源。

15. 放射の前記第2ビームは、前記コレクタに面する前記変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導される、節13に記載の放射源。

16. 放射の前記第2ビームは、前記コレクタに向かって誘導され、放射の前記第2ビームが前記燃料流または前記変性燃料ターゲットに入射しない場合には、前記コレクタには放射の前記第2ビームが通過することができる開口部が設けられる、節13に記載の放射源。

17. 前記コレクタは垂直入射コレクタであって、放射の前記第1ビームは、前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記垂直入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向に前記放射源の前記光軸に沿いに前記垂直入射コレクタに設けられた開口部を通過するよう誘導される、節13に記載の放射源。

18. 前記コレクタは、垂直入射コレクタであって、放射の前記第1ビームは、前記放射源の前記光軸に沿って前記コレクタに向かって誘導されるが、前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記垂直入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に沿う、節13に記載の放射源。

19. 前記コレクタは、かすめ入射コレクタであって前記プラズマ形成位置と前記かすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置され、放射の前記第1ビームは、前記放射源の前記光軸に沿って前記かすめ入射コレクタを通過するよう誘導されるが、前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記かすめ入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に沿う、節13に記載の放射源。

20. 前記コレクタは、かすめ入射コレクタであって前記プラズマ形成位置と前記かすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置され、放射の前記第1ビームは、前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記かすめ入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向に前記放射源の前記光軸に沿って、前記かすめ入射コレクタに向かって誘導される、節13に記載の放射源。

21. デブリ軽減装置は、前記プラズマ形成位置と前記コレクタの間に設置される、節13に記載の放射源。

22. 前記燃料流ジェネレータは、

ある量の燃料を保持するよう構成されたリザーバと、

前記リザーバに流体接続され、前記燃料流を前記プラズマ形成位置に向かう前記軌跡に沿って誘導するよう構成されたノズルと、を備える、節13に記載の放射源。

23. 前記燃料流は、燃料液滴の流れを備える、節13に記載の放射源。

24. レーザ放射の前記第1ビームは、前記変性燃料ターゲットが実質的にディスク形状の雲であり、前記ディスクが前記光軸に対して実質的に垂直な直径を有することを確実にするよう構成される、節23に記載の放射源。

25. リソグラフィ装置であって、

燃料流を生成しつつ前記燃料流をプラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って誘導するよ

10

20

30

40

50

う構成された燃料流ジェネレータと、

変性燃料ターゲットを生成するために前記プラズマ形成位置における前記燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されたプリパルスレーザ放射アセンブリと、

放射生成プラズマを生成するために前記プラズマ形成位置における前記変性燃料ターゲットにレーザ放射の第2ビームを誘導するよう構成されたメインパルスレーザ放射アセンブリと、

放射生成プラズマによって生成された放射を集光しあつ集光した放射を放射源の光軸に沿って誘導するよう構成されたコレクタと、を備え、レーザ放射の前記第1ビームは、光軸に実質的に沿って燃料流に向かって誘導され、レーザ放射の前記第2ビームは、光軸に対して実質的に0°より大きくかつ90°より小さい角度で前記変性燃料ターゲットに向かって誘導される、放射源を備える、リソグラフィ装置。10

26. デブリ軽減装置は、前記プラズマ形成位置と前記コレクタの間に設置される、節25に記載の放射源。

27. 放射源であって、

燃料流を生成しあつプラズマ形成位置に向かう軌跡に沿って前記燃料流を誘導するよう構成された燃料流ジェネレータと、

変性燃料ターゲットを生成するために前記プラズマ形成位置における前記燃料流にレーザ放射の第1ビームを誘導するよう構成されたプリパルスレーザ放射アセンブリと、

放射生成プラズマを生成するために前記プラズマ形成位置における前記変性燃料ターゲットにレーザ放射の第2ビームを誘導するよう構成されたメインパルスレーザ放射アセンブリと、20

前記放射生成プラズマによって生成された放射を集光しあつ集光した放射を前記放射源の光軸に沿って誘導するよう構成されたかすめ入射コレクタと、を備え、

レーザ放射の前記第1ビームは、前記光軸に実質的に沿って前記燃料流に向かって誘導される、放射源。

28. デブリ軽減装置は、前記プラズマ形成位置と前記かすめ入射コレクタの間に設置される、節27に記載の放射源。

29. 前記デブリ軽減装置は静的または回転フォイルトラップであって、レーザ放射の前記第1ビームおよび／またはレーザ放射の前記第2ビームは、前記フォイルトラップの中空軸に沿いかつ中空軸を通過するよう誘導される、節28に記載の放射源。30

30. レーザ放射の前記第2ビームは、前記光軸に実質的に沿いかつ放射の前記第1ビームの方向と同じ方向に前記変性燃料ターゲットに向かって誘導される、節27に記載の放射源。

31. レーザ放射の前記第2ビームは、前記光軸に実質的に沿いかつ放射の前記第1ビームとは反対の方向に前記変性燃料ターゲットに向かって誘導される、節27に記載の放射源。

32. レーザ放射の前記第2ビームは、前記光軸に対して実質的に0°より大きくかつ90°より小さい角度で前記変性燃料ターゲットに向かって誘導される、節27に記載の放射源。

33. 放射の前記第1および／または前記第2ビームは、前記放射源の前記光軸に沿って前記かすめ入射コレクタを通過するよう誘導されるが、前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記かすめ入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向とは反対の方向に沿う、節27に記載の放射源。40

34. 放射の前記第1および／または前記第2ビームは、前記放射源の前記光軸にそって前記放射生成プラズマによって生成されかつ前記かすめ入射コレクタによって集光される放射の一般的な伝搬方向に、前記放射源の前記光軸に沿って前記かすめ入射コレクタに向かって誘導される、節27に記載の放射源。

35. 放射の前記第1および／または前記第2ビームは、前記かすめ入射コレクタの反対に面する前記燃料流または前記変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導される、節27に記載の放射源。50

36. 放射の前記第1および/または前記第2ビームは、前記かすめ入射コレクタに面する前記燃料流または前記変性燃料ターゲットの側面に向かって誘導される、節27に記載の放射源。

37. 放射の前記第1および/または前記第2ビームは、前記かすめ入射コレクタに向かって誘導され、前記かすめ入射コレクタは、放射の前記第1および/または前記第2ビームが前記燃料流または前記変性燃料ターゲットに入射しない場合には、放射の前記第1および/または前記第2ビームが通過することができる開口部が設けられる、節27に記載の放射源。

38. 前記かすめ入射コレクタは、前記プラズマ形成位置と前記かすめ入射コレクタの中間焦点、またはその他の焦点、の間に設置される、節27に記載の放射源。 10

39. 前記燃料流ジェネレータは、ある量の燃料を保持するよう構成されたリザーバと、前記リザーバに流体接続されかつ前記燃料流を前記プラズマ形成位置に向かう前記軌跡に沿って誘導するように構成されたノズルを備える、節27に記載の放射源。

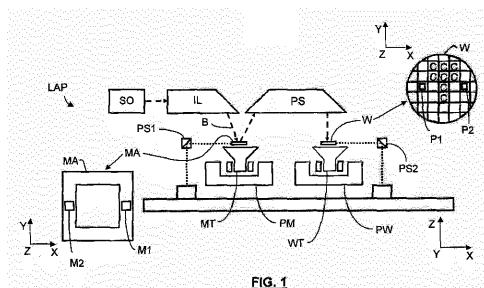
40. 前記燃料流は、燃料液滴の流れを備える、節27に記載の放射源。

41. レーザ放射の前記第1ビームは、前記変性燃料ターゲットが実質的にディスク形状の雲であり、前記ディスクが前記光軸に対して実質的に垂直な直径を有することを確実にするよう構成される、節27に記載の放射源。

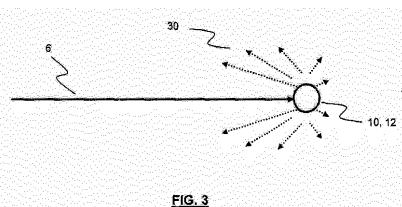
#### 【0143】

[0149] 本発明の広さおよび範囲は、上述したいずれの例示的実施形態によっても限定されず、唯一添付の特許請求の範囲およびそれらの同等物によってのみ定義されるものとする。 20

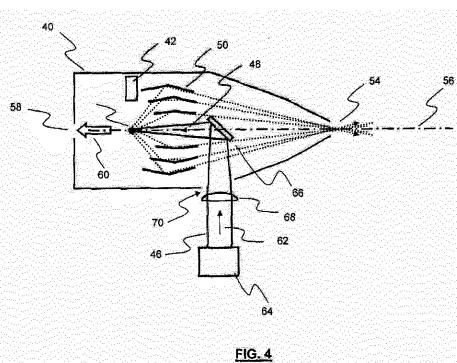
【図1】



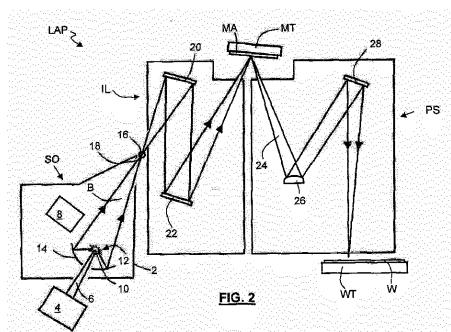
【図3】



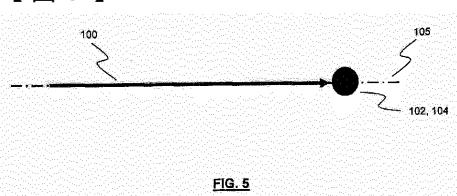
【図4】



【図2】



【図5】



【図6】

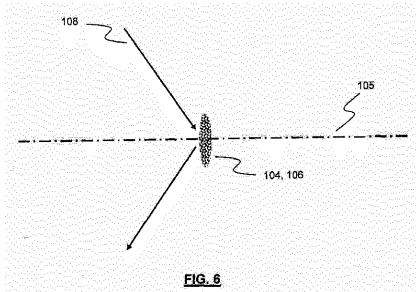


FIG. 6

【図7】

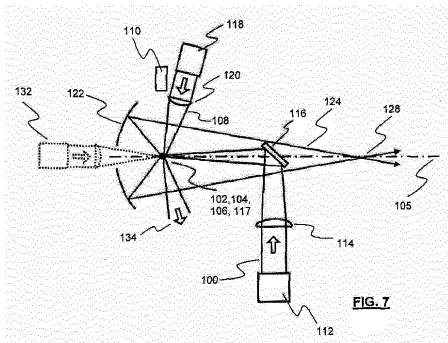


FIG. 7

【図8】

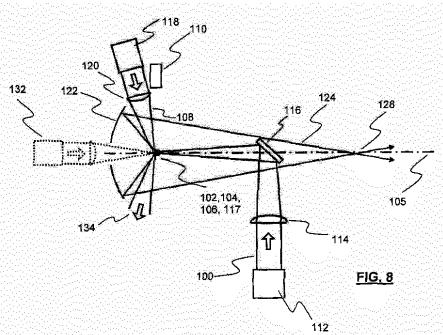


FIG. 8

【図9】

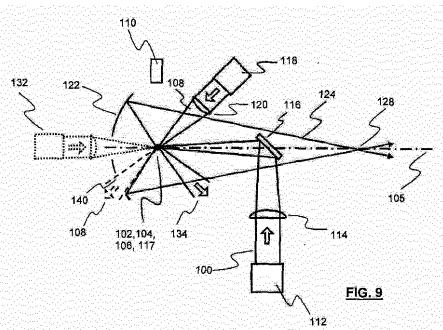


FIG. 9

【図10】

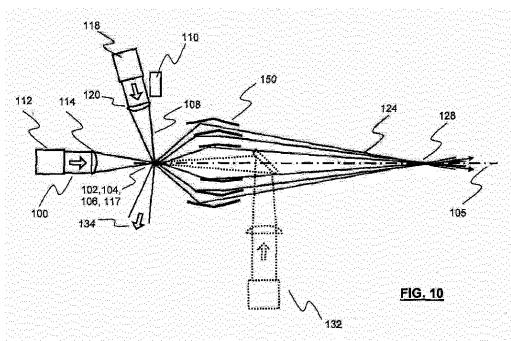


FIG. 10

【図12】

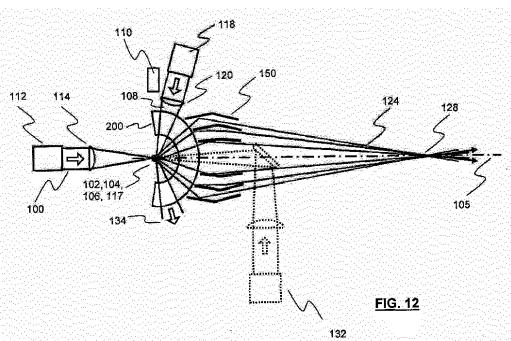


FIG. 12

【図11】

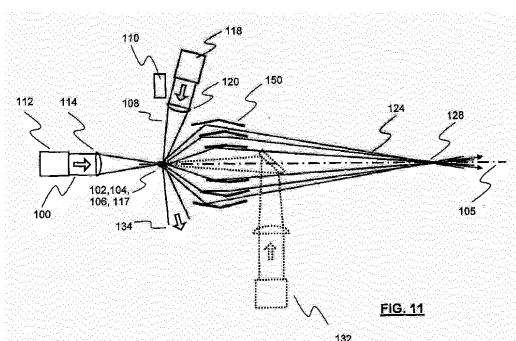


FIG. 11

【図13】

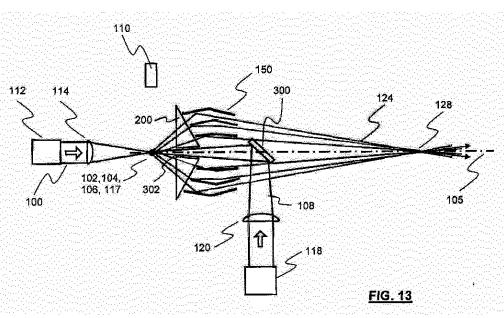


FIG. 13

---

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 61/635,758  
(32)優先日 平成24年4月19日(2012.4.19)  
(33)優先権主張国 米国(US)  
(31)優先権主張番号 61/668,474  
(32)優先日 平成24年7月6日(2012.7.6)  
(33)優先権主張国 米国(US)

(72)発明者 クリューウェル , ヘルマノス  
オランダ国 , シーンデル , エヌエル - 5 4 8 1 エルダブリュー , ピバルディストラート 10  
(72)発明者 バニエ , バディム  
オランダ国 , ドゥールネ エヌエル - 5 7 5 1 エスピー , エエンドラヒト 21  
(72)発明者 ヤクニン , アンドレイ  
オランダ国 , ミールロ エヌエル - 5 7 3 1 ケーエー , ランゲンアーケル 36  
(72)発明者 モールス , ロエル  
オランダ国 , ヘルモント エヌエル - 5 7 0 9 エムティー , ディールドンクラーン 56  
(72)発明者 フラインス , オラフ  
オランダ国 , ロズマレン , エヌエル - 5 2 4 7 ティーエル , ズワルボーチ 4  
(72)発明者 スワインケルズ , ゲラルドス  
オランダ国 , アイントホーフェン エヌエル - 5 6 2 3 エルティー , ジェネラール コエンデル  
スラーン 27  
(72)発明者 ヴァンデルハリアン , イヴォ  
オランダ国 , アイントホーフェン エヌエル - 5 6 5 8 ジーアール , グラスレイ 12  
(72)発明者 シュタム , ウーヴェ  
ドイツ国 , ゲッティンゲン 3 7 0 8 5 , カルゾーストラーセ 21

審査官 遠藤 直惠

(56)参考文献 特開2008-270149(JP,A)  
特開2005-017274(JP,A)  
特表2009-500796(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 5 G 2 / 0 0