

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第4917014号
(P4917014)

(45) 発行日 平成24年4月18日 (2012. 4. 18)

(24) 登録日 平成24年2月3日 (2012. 2. 3)

(51) Int. Cl.

F I

HO 1 L 21/027 (2006. 01)
G 2 1 K 1/00 (2006. 01)
G 2 1 K 5/08 (2006. 01)
HO 5 G 2/00 (2006. 01)

HO 1 L 21/30 5 3 1 S
G 2 1 K 1/00 X
G 2 1 K 5/08 X
HO 5 G 1/00 K

請求項の数 7 (全 27 頁)

(21) 出願番号 特願2007-502838 (P2007-502838)
(86) (22) 出願日 平成17年2月24日 (2005. 2. 24)
(65) 公表番号 特表2007-528607 (P2007-528607A)
(43) 公表日 平成19年10月11日 (2007. 10. 11)
(86) 国際出願番号 PCT/US2005/005935
(87) 国際公開番号 W02005/091879
(87) 国際公開日 平成17年10月6日 (2005. 10. 6)
審査請求日 平成20年2月20日 (2008. 2. 20)
(31) 優先権主張番号 10/798, 740
(32) 優先日 平成16年3月10日 (2004. 3. 10)
(33) 優先権主張国 米国 (US)
(31) 優先権主張番号 10/803, 526
(32) 優先日 平成16年3月17日 (2004. 3. 17)
(33) 優先権主張国 米国 (US)

(73) 特許権者 504010648
サイマー インコーポレイテッド
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 92
1 2 7 サン ディエゴ ソーンミント
コート 1 7 0 7 5
(74) 代理人 100082005
弁理士 熊倉 禎男
(74) 代理人 100067013
弁理士 大塚 文昭
(74) 代理人 100086771
弁理士 西島 孝喜
(74) 代理人 100109070
弁理士 須田 洋之
(74) 代理人 100109335
弁理士 上杉 浩

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 E U V光源

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

プラズマ開始ターゲットを送出するようになったターゲット送出システムと、望ましいプラズマ開始サイトを定める焦点を有するE U V光集光光学器械とを含むレーザ生成プラズマ (L P P) 極紫外線 (E U V) 光源制御システムであって、

ターゲット追跡及びフィードバックシステム、

を含み、

前記ターゲット追跡及びフィードバックシステムは、

ターゲットストリーム進路の画像を出力として供給する少なくとも1つの撮像装置と、

望ましいプラズマ開始サイトと交差する望ましいストリーム進路からの前記ターゲットストリーム進路にほぼ垂直な少なくとも1つ軸線における該ターゲットストリーム進路の位置の誤差を検出するストリーム進路誤差検出器と、

を含み、

更に、

前記ターゲット進路に照準し、かつ前記ターゲット進路内の選択スポットを通るターゲットの通過を検出する少なくとも1つのターゲット横断検出器と、

駆動レーザ出力パルスが、前記ターゲット進路に沿って前記望ましいプラズマ開始サイトへのほぼその最も近い接近時に選択プラズマ開始サイトで前記プラズマ開始ターゲットと交差するために、前記ターゲット横断検出器の出力を利用して駆動レーザトリガのタイミングを判断する駆動レーザトリガ機構と、

10

20

中間焦点に形成された開口を照らして前記少なくとも 1 つの撮像装置に該開口を撮像する中間焦点照明器と、

を含むことを特徴とするシステム。

【請求項 2】

前記少なくとも 1 つのターゲット横断検出器は、少なくとも第 1 のターゲット横断検出器及び第 2 のターゲット横断検出器である、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の機器。

【請求項 3】

前記ターゲット進路に照準し、それぞれのターゲットに対してプラズマ開始サイトの該ターゲット進路に沿った位置を検出するプラズマ開始検出器、

を更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の機器。

【請求項 4】

前記少なくとも 1 つの撮像装置は、少なくとも 2 つの撮像装置であり、各々が、該少なくとも 2 つの撮像装置のそれぞれのものにおける画像の分析に基づいて、前記中間焦点の画像の垂直中心軸からの前記ターゲット進路の分離に関連する誤差信号を供給する、

ことを更に含むことを特徴とする請求項 1 に記載の機器。

【請求項 5】

ターゲット送出フィードバック及び制御システム、

を更に含み、

前記ターゲット送出フィードバック及び制御システムは、

ターゲット送出ユニットと、

少なくとも第 1 の撮像装置内の画像の分析から導出された第 1 の変位誤差信号に対応する軸線において、及び少なくとも第 2 の撮像装置内の画像の分析から導出された第 2 の変位誤差信号に対応する軸線において前記ターゲット送出機構を変位させるターゲット送出変位制御機構と、

を含む、

ことを特徴とする請求項 4 に記載の機器。

【請求項 6】

EUV 出力光エネルギー検出機構、

を更に含み、

前記 EUV 出力光エネルギー検出機構は、

前記中間焦点に到達する EUV 光エネルギーを測定するために配置され、各々がそれぞれの検出器によって検出した EUV 光エネルギーの量を表す出力信号を供給する複数の EUV 光エネルギー検出器と、

各 EUV 光エネルギー検出器の出力を受信し、かつ前記それぞれの EUV 光エネルギー検出器の前記出力信号のそれぞれの値の比較に基づいて EUV 光エネルギー誤差信号を判断する EUV 光エネルギー誤差信号発生器と、

を含む、

ことを特徴とする請求項 5 に記載の機器。

【請求項 7】

開始サイト誤差検出機構、

を更に含み、

前記開始サイト誤差検出機構は、

画像データを供給する前記少なくとも 2 つの撮像装置の 1 つ、

を含み、

前記画像データから、前記少なくとも 2 つの撮像装置の前記それぞれのものにおける該画像データの分析に基づく望ましいプラズマ開始サイトからの実際のプラズマ開始サイトの第 1 の軸線における分離と、該それぞれの撮像装置における該画像の分析に基づく前記中間焦点の前記画像の水平中心軸からの該プラズマ開始サイトの該第 1 の軸線と直交する第 2 の軸線における分離とに関連する第 1 の誤差信号を判断することができる、

10

20

30

40

50

ことを特徴とする請求項 6 に記載の機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、例えば、EUV集積回路リソグラフィに必要とされる電力レベルでの、そのような用途に必要なになる所要線量安定性及び他のパラメータを有するEUV光の生成に関する。

関連出願

本出願は、代理人整理番号第2003-0125-01号の2004年3月17日出願の「高繰返し数レーザ生成プラズマEUV光源」という名称の現在特許出願中の米国特許出願出願番号第10/803,526号及び代理人整理番号第2003-0083-01号の2004年3月10日出願の「EUV光源用集光器」という名称の出願番号第10/798,740号の一部継続出願である代理人整理番号第2004-0044-01号の2004年7月27日出願の「EUV光源」という名称の米国特許出願出願番号第10/900,839号に対する優先権を主張するものであり、代理人整理番号第2003-0099-01号の2003年12月18日出願の「放電生成プラズマEUV光源」という名称の出願番号第10/742,233号、代理人整理番号第2002-0030-01号の2003年4月8日出願の「極紫外線光源」という名称の出願番号第10/409,254号、及び代理人整理番号第2002-0007-01号の2002年7月3日出願の「改良型パルス電力システムを有するプラズマ集束光源」という名称の出願番号第10/189,824号に関連しており、その全ては、本出願と共通の出願人に譲渡され、その各々の開示内容は、本明細書において引用により組み込まれている。

【背景技術】

【0002】

先に引用した現在特許出願中の出願に説明されているように、毎秒10,000から20,000パルスのEUV光又はそれよりも高い率で作動して、例えば移動ターゲット、例えば質量制限液滴を用いるEUV光源の1つの態様は、ターゲットの位置及びタイミング及び望ましいプラズマ開始サイトのそのそれぞれの到着を追跡する機能である。これは、例えば、集光器及び望ましい開始サイトを収容するEUV光発生チャンバから、例えばEUV光の出口点でEUV光集光器によって中間焦点(IF)に画像化される3D空間内のスポットを判断する段階を伴っている。また、先に引用した現在特許出願中の出願に説明されているように、例えば、液滴発生及び照準システムを含む液滴送出システムは、液滴が望ましいプラズマ開始サイトを構成するスポットを通じて投射されるか又はそのスポットを通じて落下する(重力供給の場合)ように整列させる必要がある、このスポットは、レーザ生成プラズマから発生したEUVが、依然としてシステムの間中焦点、すなわち、望ましいプラズマ開始サイト周りのいわゆる望ましいプラズマ開始領域に適度に集束されることになる集光器の焦点及びこの焦点周りの小さな区域、例えば $\pm 10 \mu\text{m}$ に対応するものである。同じく要求されるのは、レーザを発射して望ましいプラズマ開始サイトで、すなわち、液滴が正確に望ましい開始サイトに到着した時点に駆動レーザビームをターゲット液滴と交差させることができることである。上述のように、望ましい開始サイトは、例えば、直径約 $10 \mu\text{m}$ から $40 \mu\text{m}$ の液滴に対して約 $10 \mu\text{m}$ だけ、例えば、光源システムの間中焦点を含む第2の焦点を有する楕円集光ミラーの第1の焦点での集光器の正確な焦点から僅かに変動する場合があります、かつ依然として適度な集光に十分なほど集束していることが理解されるであろう。従って、追跡サブシステムの機能は、レーザ発射時期を判断するだけではなく、望ましいプラズマ開始サイトでない場合にどの選択プラズマ開始サイトにおいて真の焦点であるか、かつ一方で、ターゲット送出を望ましいプラズマ開始サイトにもたらしするために送出システムに必要な補正を判断することである。システムはまた、ターゲット液滴が望ましいプラズマ開始サイトに到着する進路上になく、従って、中間焦点に到達するいかなるEUV光の有効な発生もないことになり、従って、望ましいEUVプラズマ開始サイトと交差するために液滴が適正なターゲット進路に戻る間はレー

10

20

30

40

50

ザを発射すべきではないと判断することができる。代替的に、ターゲットの位置決めが進行中に適切なEUV光が集光されてなくても、レーザ発射の継続を許容することができるであろう。

【0003】

「望ましいプラズマ開始サイト」は、本明細書で使用される場合に集光器の焦点であるが、集光器焦点から若干外れたいわゆる選択プラズマ開始サイトに駆動レーザビームの照準が行われる集光器の焦点周りの一部の区域が、中間焦点での有効なEUV光量を発生するのに依然として有効である可能性がある(「望ましいプラズマ開始領域」)ことが理解されるであろう。以下に定めるように、x及びy平面の両方において満足できる距離誤差を有する、集光器焦点上ではないが望ましいプラズマ開始領域内である「選択プラズマ開始サイト」が発生する場合がある。選択プラズマ開始サイトが望ましいプラズマ開始領域の外側にあってもレーザが引き続き発射されることになる場合、選択プラズマ開始サイトは、望ましいプラズマ開始領域の外側にも発生すると考えられる。

【0004】

これらの機能を実行する態様は、先に引用した現在特許出願中の出願に説明されている。本出願人は、これらの機能を達成するためのある一定の改良型機器及び方法を提案する。

本出願人は、本発明の実施形態の態様によりEUVのLPP光源の作動をより良く有効にするために、液滴位置にレーザビームを照準して適正な瞬間にレーザを発射し、ターゲット、例えば、個々のLi液滴ターゲットを3D空間の適正な位置に配置する独特な手法を開発した。ターゲット、例えばターゲット液滴の照射により、例えば蒸発/溶発を通じてプラズマの形成を引き起こすのに十分に液滴が加熱され、レーザビーム内の光子によって電子が除去されて、蒸発ターゲット金属原子のイオンがプラズマ内で形成され、その意味では、ターゲットは、プラズマ開始サイトで着火されるが、着火する又は着火という意味は、ターゲットに非常に強い熱及び/又は加熱又は励起を受けさせることを意味するのに使用しており、一般的に、EUV放射線を次に生成する得られるプラズマを形成するためにターゲットと交差してターゲットに着火する駆動レーザビームからの熱(エネルギー)の付与による照射ターゲットからのプラズマの形成を一般的に意味している。先に引用した出願での着火という用語の使用は、上述の意味を有するものであることが理解されるであろう。着火に関する別の意味は、核融合を持続させるのに十分に高い温度までのプラズマの加熱である。このような温度は、恐らく本発明の態様によるプラズマ形成で達成されるが、これには、本発明の態様によってそのように形成されたプラズマを、融合を誘発及び/又は持続するのに十分なほど閉じ込める試みが一切伴っておらず、本発明の態様によるプラズマの着火の概念は、先に引用した出願で使用されるのと類似の意味を有するものである。本出願においては、同じ概念を「プラズマ開始」及び「プラズマ開始サイト」という用語で表しており、これは、ターゲットの照射が、プラズマに「プラズマ開始」を形成させることを意味しており、これは、何らかの「プラズマ開始サイト」で発生するか又は発生することが望ましい。

【0005】

先に引用した現在特許出願中の出願に説明されているようなターゲットとして使用されるリチウムは、恐らく、少なくとも幾らかの不純物を含むことになる。不純物のレベルが百万分の1の範囲であっても、時間と共に、LPPのEUVチャンバ内、例えば、集光器光学器械及び/又は様々なチャンバウィンドウ上の不要かつ損傷を引き起こす堆積物を生じる可能性がある。液体リチウムのLPPターゲット液滴内に含有されたこれらの不純物は、プラズマ開始後に、例えば集光器ミラー上に堆積することになる。これらの不純物の多くは、例えばリチウム自体の堆積物を蒸発させるのに提案された、例えば400から500の集光器温度よりも遥かに高い沸点を有するので、先に提案した蒸発技術を用いてこれらの不純物を集光器から除去することがより困難である。本出願の出願人は、先に提案したLPP及び/又はDPPのEUVチャンバ構成要素、例えば光学構成要素内でこの問題に対処する方法を提案するものである。

【0006】

上記で引用した先の現在特許出願中の出願に説明されているように、集光器は、例えばLiをその反射面から蒸発させてその反射率を維持するために高温（例えば、少なくとも約400 から500 の範囲）で作動すべきである。本出願人は、所要の仕様、例えば、高温の維持による集光器の歪の回避を満足することができる性能のために集光器の光学器械にわたって安定して均一な温度範囲を維持するための機器及び方法を本出願において提案する。

【0007】

1064nmレーザ光が多くの場合に2倍にされたLPPのEUV光源を駆動するための半導体レーザ、例えばNd:YAGレーザの利用には、2倍、3倍などの周波数を用いて、場合によっては第1調波発生（FHG）及び第2調波発生（SHG）時に生成される波長が小さいほど高い変換効率を達成することが公知である。これは、励起及びその後の放出により多くのソース原子が利用可能であるように、波長が短い高調波を有する高密度プラズマ層へのアクセスに基づくものである。しかし、生成するレーザ調波がより高くなる場合には、多くの部分（恐らく、SHGに対して30%から50%、FHGから266nmに対して80%）は、それが非線形結晶に変換されないために失われる。

【0008】

本出願人はまた、本発明の実施形態の態様により、EUV放射線に変換されたレーザエネルギーからのより高い変換効率を達成する方法を開発し、これは、初期密度スケール長の極めて正確な制御を可能にし、それは、変換エネルギー出力比の改善に対してターゲット、例えば液滴内へのエネルギーのレーザ堆積の正確な最適化を可能にすることになる。

Li又は同様の元素を用いたEUVのLPP光源用の集束光学器械の問題の1つは、Li又は他の元素によって引き起こされる汚染による光学器械の汚染及び劣化である。本出願人は、本発明の実施形態の態様により、変換効率の改善を目指した斜入射光学器械又は他のEUV放射線集束光学器械の利用を開発した。

また、本発明の実施形態の態様の形式のシステムにおける問題は、例えば、EUV光源生成チャンバ内に駆動レーザビームを導入する際に組み合わせることができる集光器以外の光学器械、例えばウィンドウ及び集束光学器械を保護する必要性に関するものであり、これは、本出願で対処する。

【0009】

【特許文献1】米国特許出願出願番号第10/803,526号

【特許文献2】米国特許出願出願番号第10/798,740号

【特許文献3】米国特許出願出願番号第10/900,839号

【特許文献4】米国特許出願出願番号第10/742,233号

【特許文献5】米国特許出願出願番号第10/409,254号

【特許文献6】米国特許出願出願番号第10/189,824号

【発明の開示】

【0010】

移動プラズマ形成ターゲットを送出するようになったターゲット送出システムと、望ましいプラズマ開始サイトを定める焦点を有するEUV光集束光学器械とを含むレーザ生成プラズマ（LPP）極紫外線（EUV）光源制御システムを含むことができるEUV光生成のための機器及び方法を開示し、レーザ生成プラズマ（LPP）極紫外線（EUV）光源制御システムは、ターゲット追跡及びフィードバックシステムを含み、これは、少なくとも1つの撮像装置、例えば、出力としてターゲットストリーム進路の画像を供給するデジタルビデオ又は撮影カメラと、集光器の焦点及びEUV光出力においてプラズマ開始が依然として満足できるレベルのEUV光を生成することができるその焦点付近の区域、例えば楕円集光器ミラーシステム内の中間焦点を含むことができる、望ましいプラズマ開始サイトからターゲットストリーム進路にほぼ垂直な少なくとも1つ軸線内でターゲットストリーム進路の位置の誤差を検出するストリーム進路誤差検出器とを含む。少なくとも1つのターゲット横断検出器は、ターゲット進路に照準し、ターゲット進路内の選択スポッ

トを通るターゲットの経路を検出することができる。駆動レーザトリガ機構は、ターゲット横断検出器の出力を利用し、駆動レーザ出力パルスが望ましいプラズマ開始領域内でターゲット進路に沿って選択プラズマ開始サイトでターゲットと交差するように駆動レーザトリガのタイミングを判断する。プラズマ形成検出器は、ターゲット進路に照準し、それぞれのターゲットに対して実際のプラズマ開始サイトの位置、及び例えば駆動レーザビームの焦点に相対する位置を検出することができる。中間焦点照明器は、中間焦点に形成された開口を照らし、開口を少なくとも1つの撮像装置内で撮像することができる。この少なくとも1つの撮像装置は、少なくとも2つ撮像装置とすることができ、各々は、少なくとも2つの撮像装置のそれぞれのものの画像の分析に基づいて集光器焦点での望ましいプラズマ開始サイトからのターゲット進路の分離に係する誤差信号を供給する。ターゲット送出フィードバック及び制御システムは、ターゲット送出ユニットと、少なくとも第1の撮像装置内の画像の分析から導出された第1の変位誤差信号に対応する軸線において及び少なくとも第2の撮像装置内の画像の分析から導出された第2の変位誤差信号に対応する軸線においてターゲット送出機構を変位させるターゲット送出変位制御機構とを含むことができる。EUV出力光エネルギー検出機構は、各々がそれぞれのEUV光エネルギー検出器で検出したEUV光エネルギーの量を表す出力信号を供給する、プラズマ開始サイトから始まるEUV光エネルギーを測定するように配置された複数のEUV光エネルギー検出器と、各EUV光エネルギー検出器の出力を受信し、それぞれのEUV光エネルギー検出器の出力信号のそれぞれの値の比較に基づいてEUV光エネルギー誤差信号を判断するEUV光エネルギー誤差信号発生器とを含むことができる。レーザ照射タイミング誤差検出機構は、少なくともプラズマ開始時のターゲット液滴位置に相対するレーザビームの位置決め誤差のタイミング係数を判断するためのEUV光エネルギー誤差信号の使用を含むことができる。プラズマ生成極紫外線(EUV)光源集光器は、プラズマ開始チャンバと、集光器焦点を有する集光器形状の形態である、プラズマ開始チャンバ内のシェルとを含むことができ、シェルは、多層反射体から離れて作動熱を担持し、かつ集光器焦点から反対側のシェルの側面上でシェルの表面から熱を放射するのに十分な大きさ及び熱質量を有している。シェルの材料は、炭化珪素、シリコン、「ZeroDur」又は「ULE」ガラス、アルミニウム、ベリリウム、モリブデン、銅、及びニッケルを含む群から選択することができる。シェルの隣接面から放射された熱を吸収する、焦点から反対側のシェルの側面上にあるシェルに隣接する放熱板を設けることができる。レーザ生成プラズマ(LPP)極紫外線(EUV)光源は、駆動レーザ出力パルスビームを生成する駆動レーザと、駆動レーザ出力パルスビーム誘導システムと、焦点を有するEUV光集光器とを有することができ、かつ集光器焦点の周辺の選択位置に出力レーザパルスビームを集束させるように作動する、ビーム誘導システムと集光器焦点の中間にあるビーム集束システムを含むことができる。ビーム集束システムは、集束レンズと、集束レンズと集光器焦点の中間にあって集束レンズとの中間に集束レンズ焦点を有する反射集束要素とを含むことができ、反射集束要素は、ビームを選択位置に集束させるものである。このようなシステムにおける光学要素デブリの緩和をもたらすことができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0011】

本発明の実施形態の態様により、本出願人は、例えばプラズマ形成/EUV光源チャンバ64(図1には図示せず)におけるターゲット、例えば質量を制限することができる液体金属、例えばリチウムの移動液滴(図2に示すように20)に向けられたEUVプラズマ開始駆動レーザ及びプレパルスレーザの位置、照準、及び集束の能動制御の態様が可能な図1に概略的に示すEUV光源システム10の各部分を提案する。

【0012】

本発明の実施形態の態様による一部の一般要件には、本出願人が目下プラズマ生成EUV光の集光の約5 srの立体角の必要性を企図している、可能な限り多くのEUV光をLPPから集光する必要性が含まれる。更に、中間焦点42(IF)での受光に向けた正しい立体角、例えば約0.038 srの必要性と共に、集光器に対して適合角度をもたら

10

20

30

40

50

すことを企図している。集光器 40 に対する幾何学形状として楕円の使用を目下企図しており、この形状は、プラズマ形成点からの作用距離と関連付けることができ、例えば、選択プラズマ開始サイトにおいて、例えば集光器 40 の焦点 32、集光器 40 の直径 D、又は LPP の望ましいプラズマ開始サイトと IF の間の選択距離、又はその組合せである。例えば、主集光器 40 にこのような楕円設計を用いると、作用距離を、例えば 20 mm とすることができ、外径は、例えば受光角によって駆動することができ、5 sr 集光角度 / 200 mm 作用距離の場合、これは、例えばこのような例示的な 0.38 sr 受光角に対しては、例えば 622 mm の基板 OD の必要性を意味する場合がある。また、熱的及びオプトメカニカル的設計に関する考察事項をより容易にするモノリシック基板を使用した単一のシェル設計を現在企図しているが、概念試験以外に関しては、より複雑な構成及び外径形状が必要であると考えられる。

10

【0013】

ここで図 1 及び図 2 を参照すると、本発明の実施形態の態様が示されている。本出願人は、レーザ生成プラズマ (LPP) 極紫外線 (EUV) 光源のターゲット、例えば、10000 から 20000 / 秒の速度又はそれよりも大きい速度で、例えば約 20 m / sec の速度で移動し、直径が約 10 μ m 又は場合によってはそれよりも大きい、例えば約 40 μ m の大きさの液体リチウムの液滴 20 を、ターゲット 20 の直径未満の精度で追跡し、選択開始サイト 30 で (例えば、ターゲット液滴 20 の進路上で実際の望ましい開始サイトの近く、例えば集光器ミラー 40 の焦点 32 で、特定の時間に駆動レーザ 50 (図示せず) を発射させるために) 駆動レーザビーム 52 を生成し、約 50 ns から 100 ns のタイミング許容誤差で選択開始サイトでターゲット液滴 20 と交差するようにその位置を特定するように計算することができるシステムを提案する。望ましいプラズマ開始サイトは、集光器の焦点 32 に対応するが、例えば集光器焦点周りの約 10 μ m の半径の範囲 (望ましいプラズマ開始領域) 内のある程度の誤差によって依然として中間焦点 42 で有効量の EUV 光が生成される場合があることが理解されるであろう。従って、最終的には、望ましいプラズマ開始サイト 32 で、すなわち、集光器 40 の焦点になるような選択プラズマ開始サイトで、ターゲットの進路及び駆動レーザビームの位置決めを同時に補正すると共に、レーザビームを望ましいプラズマ開始サイトではなくこの満足できる位置決め誤差領域、すなわち、望ましいプラズマ開始領域内である選択プラズマ開始サイトに照準するためのシステム 10 を構成することができる。ターゲット進路に、望ましいプラズマ開始領域内のプラズマ開始を可能にしないほどの軸線においても十分な誤差がある場合、システム 10 は、この状態がシステム 10 によって補正されるまでレーザのトリガを阻止するか、又は選択プラズマ開始サイトを望ましいプラズマ開始領域内、最終的には望ましいプラズマ開始サイトに配置するようにターゲット進路及びレーザ照準を移動させながら、望ましいターゲット開始領域の外側にある選択プラズマ開始サイトでのレーザの連続発射を可能にすることができることが理解されるであろう。

20

30

【0014】

これらの要件を達成するために、本出願人は、撮像器具、例えばデジタルビデオ又は撮影器具、例えば 2 台の撮像装置 60、62 を設けることを提案するものであり、この 2 台の撮像装置は、カメラ視野での各ピクセルの映像強度を表すデジタル出力を有するデジタルカメラとすることができ、例えば、グレースケールで 0 と 256 の間である。カメラ 60、62 は、CCD カメラとすることができ、カメラ 60、62 は、現在のビデオカメラでは一般的であるフレーム率、例えば 30 フレーム / 秒を有することができるが、本発明の別の態様により、他のフレーム率も利用することができる。カメラ 60、62 は、図 2 に示すように、例えばターゲット送出システム 80 出口 82 で解放点からターゲット液滴 20 の飛行線 (例えば、図 3 に示すターゲット送出ストリーム 92) と交差する 2 つの面を成す例えば円筒形レンズ (図示せず) を使用してピントを合わせることができ、又は他の方法でカメラ撮影をすることができる。2 つのカメラ 60、62 の各々は、例えば液滴 20 の進路に沿って送出システム 80 から選択開始サイト 30 まで見るために視野内に望ましいプラズマ開始サイト 32 を含めて配置し、例えば、互いに対して 90° で配向し

40

50

てターゲット送出システム 80 から望ましいプラズマ開始サイト 32 周りの望ましいプラズマ開始領域まで、それぞれのターゲット進路 92 にほぼ直交するそれぞれ x 軸及び y 軸においてそれぞれのターゲット進路 92 の位置を検出することができる。

【0015】

これを図 3 により詳細に示しており、それぞれのカメラ、例えばカメラ 60 の視野には、ターゲットストリーム 92 (望ましいプラズマ開始サイト 32 の上方) 及び望ましいプラズマ開始サイト 32 の下方にある 92' の画像が含まれ、これらのターゲットストリームの各々は、ストリーム 92 の方が、液滴 20 の一部によるプラズマ形成前には液滴 20 によるプラズマ形成後のストリーム 92' よりも液滴 20 が多いために、強度 (例えば、灰色の濃さ) が若干異なる場合がある。

10

【0016】

上方及び下方、水平方向及び垂直方向という用語は、本出願では例示用に限り使用されており、目的例証に限って図面で示す方向と一致することが理解されるであろう。方向及び方位は、実際の作業では異なる場合があり、例えば液滴の方向付けは、ストリームが「垂直方向」でなくてもよい純粋な重力供給の利用とは対照的に、ターゲット供給 82 時に速度を液滴 20 に与えて望ましいプラズマ開始サイト 32 でターゲット 20 を照射することにより、望ましいプラズマ開始サイト 32 に行うことができる。また、円又は楕円 90 として示すカメラ 60 の中間焦点の視野内の画像を図 3 の概略図に示している。図 3 に示すように、ストリーム 92、92' は、望ましいプラズマ開始サイト 32 の通過からそれぞれの水平軸において若干ずれている場合があり、それぞれのカメラ 60、62 の画像データからのその検出及び定量化を利用すると、ターゲット送出システムを方向付けてターゲット送出ストリーム 92 を再方向付けすることができ、また、その検出及び定量化を利用すると、液滴 20 の実際の飛行進路に従って、かつその進路が集光器 40 の焦点にある望ましいプラズマ開始サイト 32 周りの望ましいプラズマ開始領域を通るか否かを問わず、照射液滴 20 になるべき次のものに対して選択プラズマ開始サイトに駆動レーザを向けることができることが分る。同様に、第 2 の軸線、例えば x 軸におけるストリーム進路 92 の制御に第 2 のカメラ 62 の画像を使用すると、選択開始サイト 30 を例えば楕円集光器ミラー 40 の焦点と一致する望ましい開始サイト 32 に移動させることにより、選択プラズマ開始サイト 30 でターゲット照射によって生成された EUV の楕円集光器ミラー 40 からの反射を楕円集光器 40 ミラーシステムの第 2 の焦点にある IF に集束させて選択プラズマ開始サイト 30 を望ましいプラズマ開始サイト 32 に移動可能であるようにすることができることが理解されるであろう。

20

30

【0017】

また、図 3 には、ターゲット送出システム 80 と望ましいプラズマ開始サイト 32 との中間にあるターゲット進路 92 内の選択位置を通過時に液滴 20 を照らすための一対の連続波、例えば HeNe レーザの利用を示している。HeNe レーザからのレーザビーム 108 を例えば円筒形レンズ 104、106 によって選択面に確実に集束させることができ、それぞれ、例えば集束レンズ 110、112 を通じて、例えば光検出器 120、122 により、まずレーザ 100 からのビーム、次にレーザ 102 からのビームとの液滴 20 の交差を検出することができる。このようにして、それぞれの液滴交差点 94 及び 94' を示す連続的な閃光をそれぞれ検出器 120 及び 122 による光の閃光として検出することができる。例えば、レーザ 110 及び 102 が集束する分離距離は、例えば、異なる液滴 20 の液滴交差を区別するように適切に時間調節された液滴 20 の分離又は検出回路に等しいものとすることが理解されるであろう。また、公知又は実験的に判断された液滴速度を想定すれば、それぞれの駆動レーザ発射の時間調節のためにそれぞれの液滴 20 の選択プラズマ開始サイト到着タイミングを判断するには、レーザ 1 つ、例えばレーザ 100 と検出器 120 1 つがありさえすればよいことが理解されるであろう。

40

【0018】

カメラ 62 の他方は、第 1 のカメラ 60 に垂直な平面に配向された視界を有することができる。従って、2 つのカメラ 60、62 を使用すると、移動ターゲット液滴 90 の位置

50

を３次元で三角測量することができる。２つのカメラ６０、６２の各々は、その視界内に、ＣＣＤカメラ画像上に楕円９０によって表された集光器ミラー４０によって作り出された中間焦点の画像を有することができる。この楕円９０の中心は、望ましいプラズマ開始サイト３２、すなわち、理想的にはプラズマ開始が発生すべきである場所、すなわち、集光器ミラー４０の焦点３２と一致すると考えることができる。例えば、３０フレーム／秒で機能するカメラ６０、６２では、これは、液滴速度及び液滴繰返し数、例えば１０，０００／秒から１００，０００／秒と比較すると比較的遅い速度であり、カメラ６０、６２では、上述の液滴２０は、図３に示すように一続きのストリームに見えることになる。

【００１９】

液滴ストリーム９２上でのこれらのレーザ１００、１０２のアラインメントは、２つのＣＣＤカメラ６０、６２を用いて行うことができ、例えば、ＨｅＮｅレーザ光が正しくストリーム９２上に照らされた時に、カメラ６０、６２では、ストリーム９２の中心に位置する明るい点がストリーム９２上に見える。それぞれのレーザ１００、１０２からのレーザビームが若干ずれていた時、この明るい点９４、９４'もずれることになる。

【００２０】

２つの光検出器１２０、１２２は、各々、例えば液滴２０から反射されたそれぞれのレーザ１００、１０２からの光を、それらがこれらの２つのＨｅＮｅレーザ１００、１０２の例えば確実に集束させたビームを通過する時に見るのに使用することができる。これらの検出器１２０、１２２の各々は、次に、対応するＨｅＮｅレーザ１００、１０２のそれぞれのタイミング点９４、９４'を液滴２０が通過する度にパルスを生成することができる。また、これらの検出器は、フィルタ及びそれぞれ閃光における点９４、９４'の区別を助けるために異なる波長で作動するレーザ１００、１０２を有することができる。次に、これらの光検出器１２０、１２２によって生成されたパルスを用いると、例えば、液滴２０の速度及びストリーム９２沿いにある選択プラズマ開始サイト３０への予想到着タイミングを計算することができる。次に、例えば、まだ望ましいプラズマ開始領域内にある例えばストリーム９２沿いの選択プラズマ開始サイト３０に照準して、選択プラズマ開始サイト３０への液滴の計算到着時間に選択プラズマ開始サイト３０で液滴２０と交差するようにレーザ５０を発射することができる。

【００２１】

次に、駆動レーザ５０からのレーザビームパルス５２内のエネルギーの液滴２０による吸収のために選択プラズマ開始サイト３０で液滴ターゲット２０の照射によって作り出されたプラズマは、カメラ６０、６２のＣＣＤ画像上の明るいプラズマ開始画像スポット９６として見える。適切なフィルタを使用すると、ＣＣＤカメラ６０、６２上のこのプラズマ開始画像スポット９６の強度を調節することができる。このプラズマ開始画像スポット９４は、駆動ビームレーザビーム５２がターゲット液滴２０上に集束した場所を示すものとすることができる。

【００２２】

駆動レーザビーム５２の水平方向アラインメントは、例えば駆動レーザビーム５２プラズマ形成面（レーザビーム５２のプラズマ形成面の選択によって影響される作動パラメータ要件に従ってレーザビーム５２の焦点面の前又は焦点面の後になるように選択することができる）を照準し、例えば望ましいプラズマ開始領域内の選択プラズマ開始サイト３０の水平面内で行うことができる。選択開始サイト３０でのこの明るい点は、その中心位置を液滴２０のストリーム９２の真ん中とすることができる。例示を目的としてここでもまた水平方向及び垂直方向は例示用にすぎず、かつ図面の矢視と一致することを認識すると、水平面は、ターゲット液滴２０供給から望ましいプラズマ開始サイト３０に向けてターゲット移動方向にほぼ直交する座標系のｘ軸とｙ軸を含むと考えることができ、一方、ｚ軸は、この進行方向に整列し、いかなる場合でも水平面と直交する。本発明の実施形態の態様では、駆動レーザ５２を全ての液滴２０に照準することはできないので、ここでもまた、選択ターゲット点３０の下流側にも液滴２０のストリーム９２'がある場合がある。駆動レーザ５２のこの垂直方向アラインメントが、あらゆる所定のｘ－ｙ軸に対して、例

10

20

30

40

50

例えばIF画像楕円/円90の真ん中、すなわち、水平軸に明るい点94を配置することによって行われると、集光器ミラー40の焦点での望ましい開始サイト32に対する選択ターゲット点30の位置の誤差は、液滴20がストリーム92の経路沿いにかつ望ましいプラズマ開始サイト32周りの望ましいプラズマ開始領域内で望ましい開始サイト32に接近することになる最も近い点になることになる。

【0023】

フィードバック制御ループを用いると、選択ターゲット点30を望ましいプラズマ開始サイト30に移動させるために、例えばターゲット送出システム80の水平面のx軸及びy軸での水平平行移動によって2つのカメラ60、62の各々を中間焦点開口の想像上の中心軸に中心配置するように、例えば2つのカメラ60、62によってそれぞれ見える2つのストリーム92を辿ることができる。すなわち、撮像されたストリーム92をx-y面で移動させて各々が望ましいプラズマ開始サイト32としかも同時に交差するために、本発明のシステムは、レーザ照準点を移動させて、例えばストリーム92の画像沿いの選択プラズマ開始サイトでストリームと交差して選択プラズマ開始サイトで液滴と交差させることができる。

【0024】

駆動レーザ50発射時間のより正確なタイミング調整を行うと、例えば各プラズマ形成で生成されたEUV電力を最適化するフィードバックループにより、例えばターゲット液滴20の照射の最大化に対して、ターゲット液滴20が完全にビーム内にある状態で駆動レーザ50からの駆動レーザ52内のパルス of の到着を選択(かつ最終的に望ましい)開始サイト30、32に配置することができる。ディザリング技術を用いて、例えば最大EUVプラズマ出力に集まるように、例えばトリガ信号タイミングをディザリング処理することができる。例えば、望ましいプラズマ開始サイト32周りの一平面において、望ましいプラズマ開始サイト32を取り囲み、スポットでのEUV放射線の均衡を測定するEUV検出器の使用も、例えばプラズマ開始サイト30、32に向う液滴ストリーム経路92に沿ったターゲット液滴の進行にレーザ発射タイミング(トリガ信号タイミング)を合わせる際に入力に対して可能である。

【0025】

正確なレーザタイミング調整及び水平アラインメントを対象とした代替的な又は補足的な手法では、例えば集光器ミラー40の外側に配置された4つのEUV検出器154を使用することができる。本発明のこの実施形態の態様では、例えばレーザビームが選択/望ましいプラズマ開始サイトに対して水平方向及び垂直方向に整列かつ正確に時間調節される時、4つの検出器154の全てからの信号は、同じものになり、レーザビーム52とのターゲット液滴全体の交差が発生していることを示し、従って適正に時間調節される。駆動レーザ50又は複数の駆動レーザ50のそれぞれのトリガ時期を判断する際に、図3Aに関するより詳細な説明に従ってこれらの検出器の出力を利用すると、ターゲット液滴20の照射を最適化することができる。

【0026】

ここで図3Aを参照すると、本発明の実施形態の態様による例示的方法によるシステム150が概略ブロック図で示されている。システム150は、例えば他のカメラ、例えばカメラ62の画像から独立してカメラ60からの画像を処理することができる、入力を画像処理モジュール152にデジタル形式で供給するカメラ60、62を含むことができる。

画像処理モジュール152は、HeNe強度を例えばHeNeポインティング制御モジュール170に供給することができ、HeNeポインティング制御モジュール170は、それぞれのHeNeレーザ102、104を水平方向に移動させてフィードバック制御でカメラ画像内で検出された閃光の強度を最大化し、例えばHeNeレーザをストリーム92に適正に向けることができる。

【0027】

画像処理モジュール152はまた、例えば実際のプラズマ開始サイト32とIF開口画

10

20

30

40

50

像の中心の間に、例えば想像上の水平及び／又は垂直面に位置誤差信号を各カメラ画像に対して光源レーザ制御モジュール１７２に供給することができる。光源レーザ制御モジュールは、それぞれカメラ６０とカメラ６２からのこの情報を例えばｙ軸及びｚ軸における光源レーザ照準制御に利用することができる。

【００２８】

画像処理モジュール１５２は、ｘ軸とｙ軸の各々におけるＩＦ開口画像の想像上の垂直方向の中心線に対して、それぞれ、一方はカメラ６０、他方はカメラ６２の画像から示すように、すなわち、望ましいプラズマ開始サイト３２を通じて例えばそれぞれのカメラ６０、６２のストリーム経路９２間の誤差を示す液滴ストリーム誤差信号も供給することができる。次に、これを液滴制御モジュール１７４が利用し、ｘ軸、ｙ軸フィードバック制御信号をターゲット送出システム８０に生成することができる。

10

【００２９】

光検出器１２０、１２２の出力を利用すると、入力信号をレーザトリガ制御モジュール１５４に供給することができる。レーザトリガ制御モジュール１５４は、選択開始サイト３０の方に経路９２に沿って、かつ経路９２に沿って、上述のように例えば可能な限り望ましいプラズマ開始サイト３２の近傍になるように、液滴２０速度を示すものとしてそれぞれ検出器１２０及び１２２からの検出閃光間のタイミングを利用することができる。次に、これを利用すると、光源レーザ５０を発射して液滴２０が望ましいプラズマ開始サイト３２周りの望ましいプラズマ開始領域内の選択プラズマ開始サイト３０に到着すると同時に経路９２沿いの選択プラズマ開始サイト３０へのレーザビームパルス５２到着のタイ

20

【００３０】

ＥＵＶ光源機器及び方法の態様としては、とりわけ、光学的設計、オプトメカニカル設計、熱エンジニアリング、基板選択及び作製、多層反射コーティング開発及び作製がある。上述の現在特許出願中の出願で説明するように、例えば駆動レーザを用いて生成したプラズマからの生成ＥＵＶ放射線の集光に対して、例えば集光器４０の入射ＥＵＶ反射ミラーの近直角角度を形成するミラー多層反射スタックの反射特性を維持するために、例えば液体リチウムターゲットシステム内のリチウムを蒸発させることを目的として約４００から５００の間の温度でＥＵＶ生成チャンバ６４の内側で集光器ミラーを作動させることが現在企図されている。近直角入射角としては、入射ＥＵＶ放射線とミラー面に対する法線との間の０°から４５°の角度が含まれ、このミラー面に対しては、例えば数十層から１００層ほどのスタックによって形成された多層反射コーティングが、例えば１３．５ｎｍのＥＵＶ波長での光の反射を可能にし、一方で未被覆材料から成るか又は僅かに例えば２層の反射コーティングを有する反射面を使用するとＥＵＶ波長の光を反射することができるが、当業者は、波長、反射材料、及びコーティングなどによっては約７０°から９０°までと理解されるいわゆる入射グレージング角に限られることを理解するであろう。

30

【００３１】

例えばＥＵＶ光生成器１０から利用ツール、例えばＥＵＶ集積回路リソグラフィツール内へのエントリ点を含み、例えば楕円の一方の焦点に焦点が望ましいプラズマ開始サイト３２を、かつ楕円の他方の焦点に集光器ミラー４０の中間焦点４２を有する単純な楕円ミラーを含む集光器ミラー４０に対するいくつかの企図された設計が存在する。この設計では、とりわけ、駆動レーザ照射幾何学形状及び実際に使用される技術を考慮すると、プラズマが光子に入る方向を含むいくつかの要素によっては、プラズマから放出された光子のかなりの部分を集光することはできない場合がある。別の可能性としては、球形一次集光器ミラー又はグレージング入射二次集束ミラーを有する楕円一次集光ミラーがある。

40

集光器光学器械にどれが選択されるかに関係なく、同じく先に引用した現在特許出願中の出願で説明したように、ＥＵＶプラズマ形成容器／チャンバ６４内で生成されたデブリから光学器械を保護するために何らかの準備を設ける必要があることになる。

【００３２】

50

本出願人は、本出願において本発明の実施形態の態様を説明するものであり、これらの態様は、例示する上で便宜上例示的な集光器形状を想定し、すなわち、例えば、 0.3 から 2.0 sr の I F に対する立体角、 45 cm の最大集光器ミラー 40 外径 (OD)、 25 cm の最小集光器 40 OD、及び 5 sr から 2 sr の集光角度を有する球形一次集光器ミラー 40 を参照して説明する。最終的にどの集光器形状が選択されたかに関係なく、集光器光学器械 (ミラー 40 及び他の考えられる要素) は、作動温度で形状を維持すべきである。また、例示上、これを 400 から 500 又はそれよりも高い、例えば最大約 700 までの範囲になるように選択する。球形形状を選択すると、多少は本発明で言及する例示的計算が単純になるが、本出願で挙げた原理は、楕円又は他の例えば双曲線及び他の円錐幾何学形状にも適用可能である。表 1 は、例えば E U V 光源チャンバ集光器 40 の例示的な熱管理システムの設計に関係する他の例示的な要素及び仮定事項を含む。

【0033】

(表 1)

45 cm 径ミラーに掛かる熱負荷を計算する：	
I F での帯域内 13.5 nm E U V 電力 (W)	115.00
パンプガスの透過	0.90
ミラーからの帯域内 13.5 nm E U V 電力 (W)	127.78
ミラーの平均反射率	0.50
ミラー上への E U V 電力 (W)	255.56
ミラー集光角 $^{\circ}$ F (sr)	5.00
2π への E U V 電力 (W)	321.14
変換効率 (2π への、帯域内)	0.03
4π へのプラズマ電力 (W)	10,704.69
5 sr ミラー上へのプラズマ電力 (W)	4,259.26
OD = 45 cm を有する 5 sr ミラーの球形半径 (cm)	22.99
OD = 45 cm を有する 5 sr ミラーの表面積 (cm^2)	2,642.70
5 sr ミラー上の熱負荷 (W/cm^2)	1.61
ミラーシェルは、2つの面を有する	0.81
ステファン-ボルツマン：	
400°C での理想黒体放射 (W/cm^2)	1.16
500°C での理想黒体放射 (W/cm^2)	2.02
400°C での所要平均放射率	0.69
500°C での所要平均放射率	0.40

10

20

30

40

50

【 0 0 3 4 】

(表 2)

特性	材料									
	ベリ リウ ム	単結 晶シ リコ ン	焼結 炭化 珪素	反応 結合 炭化 珪素	C V D炭 化珪 素	モリ ブデ ン	Z e r o d u r (S c h o t t)	U L E (C o r n i n g)	アル ミニ ウム 6 0 6 1 -T 6	ニッ ケル
伝導率、k [W/m, K]	2 1 0. 0	1 2 4. 0	1 1 0. 0	1 5 0. 0	2 5 0. 0	1 3 8. 0	1. 5	1. 3	1 8 0. 0	8 2. 9
熱膨張率、a [ppm/K] @ 2 0℃	1 1. 6	2. 5	4. 4	1. 9	3. 5	5. 1	1. 0 E - 0 7	1. 0 E - 0 5	2 3. 6	1 3. 3
比熱@ 2 0℃ [J/kg, K]	1 8 8 6	7 0 2	—	—	6 4 0	2 7 6	8 2 1	7 7 6	8 9 6	4 7 1
降伏応力 (MP a)	3 8 0	1 2 0	5 5 2	3 0 7	4 5 0	5 5 0		4 9. 8	2 7 6	5 9
弾性係数 (G P a)	3 0 3	1 1 2. 4	4 0 0	3 9 3	4 6 6	3 2 0	9 0. 3	6 7. 6	6 8. 9	2 0 7
最大使用温度 (℃)	—	—	1 6 5 0	1 4 0 0	> 1 4 0 0	—	< 5 0 0	< 5 0 0	—	—
融点 (℃)	1 2 8 3	1 4 1 2				2 6 1 0		適用 なし	6 5 2	1 4 5 3
密度 (g/cm ²)	1. 8 4 8	2. 3 2 9	3. 1	3. 1	3. 2	1 0	2. 5 3	2. 2 1	2. 7	8. 9
L i 適合性	危険	不良	危険	危険	危険	良好	不良	不良	不良	危険

10

20

30

【 0 0 3 5 】

集光器 4 0 本体 2 2 0 の材料選択は、超高真空 (UHV) 適合性、5 0 0 を超える温度での有用性、良好な熱安定性、高い伝導率、低い熱膨張率、高い強度、特に高い作業温度での良好な寸法安定性、及び例えば直角又はグレージング入射角反射に対して極めて高品質の面形状精度及び仕上げに研磨する機能の配慮が伴っている。このようなものとしては、例えば高空間周波数粗面化装置 (HSFR) を用いた高品質の面形状精度及び仕上げ、例えば 4 の取得を含むことができる。また、他の材料に結合する機能も重要である可能性がある。表 2 は、一部の材料及び例示的特性を示している。

40

【 0 0 3 6 】

直角入射角反射を対象とした多層反射コーティングスタックに関しては、以下の考察事項、すなわち、L i を用いた L P P に必要される高温安定性、高温での多層の層間拡散、高温での反射率劣化、L i 及び L i 化合物への露光の影響、高エネルギー L i 粒子衝突又は他の材料、例えば高エネルギーイオン及び他のデブリからのスパッタリング、多層への L i の移植及び拡散、障壁としてのキャップ層の選択、ミラー表面上の他の汚染物質、及びチャンバ内側の他の汚染物質からの他の材料のスパッタリングを考慮すべきである。

【 0 0 3 7 】

本発明の実施形態の態様によれば、本発明は、例えば E U V プラズマ開始サイト 3 2 か

50

ら反射多層反射コーティングで構成された集光器 40 反射面まで 200 mm の作業距離を有することができる楕円一次集光器 40 を含むことができる光学的設計を含むことを当業者は理解するであろう。集光器 40 の外径の大きさは、例えば 5 sr 集光角度 / 200 mm 作業距離に対して例えば集光及び受光角度によって駆動することができ、約 622 mm の基板外径が、例えば、0.38 sr 受光角度に対して必要になる可能性があると考えられる。

【0038】

より複雑になる場合がある効率改善及びトレードオフ、及び例えば複雑性が増す場合がある補助集光器の設計を含むことなく、本発明の実施形態の態様により単一シェル設計を考えると、本発明は、例えばモノリシック基板を利用するように考えることができる。

10

これは、評価する目的に対して、例えば表 2 の先に引用した材料を、例えば SiC 又は Ni 又は他の材料、例えば MO、Be、及び Si と共に利用するより容易な熱及びオプトメカニカル設計を可能にすることができる。

【0039】

本発明の実施形態の態様によると、図 5 に示すように、EUV 光を第 2 又は「中間」焦点 42 に集光しつつ再方向付けすることができる光学シェル 220 を提供する。シェル 220 は、例えば大きな熱質量を有するように構成することができる適切な材料で作ることができる。熱質量は、所定の材料の構造体の熱容量及び伝導率の両方の関数である。熱容量は、異なる種類の材料がどれだけの熱を保持することができるかの尺度である。所定の材料の所定の構造的要素に対して、材料密度 \times 全厚 \times 比熱によって熱容量を求める。比熱は、材料が質量単位当たり保持することができる熱である。例えば大型の重量材料の場合、表面を加熱するには相当量の熱が必要であろう。これは、エネルギーの大部分が実際に材料内により深く吸収されてより広い容積にわたって分布されるからである。表面に入射するエネルギーの多くに対して、この吸収は、全幅に伝わって温度上昇として内面に出現するまで続くことができる。この伝導過程は、相当量の時間が掛かる場合がある。片面の表面に入射するエネルギーが変動した場合、それによって材料の中を流れる温度の「波」を発生させる可能性がある。

20

【0040】

適切な材料としては、以下に限定されるものではないが、炭化珪素、シリコン、「Zerodur」又は「ULE」ガラス、アルミニウム、ベリリウム、モリブデン、銅、及びニッケルを含むことができる。

30

集光シェル 220 は、レーザ生成プラズマからの熱流束に露出される恐れがあり、その結果、表 1 で先に引用したものなどの放射性熱負荷が発生する。このような熱負荷は、シェル 220 の熱質量と組み合わせられると、シェル 220 の定常状態温度になり、例えば集光器 40 の反射面からのソース元素 (Li) デブリを蒸発させるのに必要とされる作動温度よりも小さい場合がある。これがそうである理由は、温度と組み合わせた光学器械 40 の放熱面の放射率が、レーザ生成プラズマによって堆積されるよりも大きい熱エネルギーを放射する機能をもたらしことができるからである。

【0041】

次に、光学器械 40 の所要作動温度を維持する付加的な熱流束を、例えば補助放射加熱器 230 によって設ける必要がある場合がある。これらの放射加熱器 230 を集光器 40 の本体 220 の前又は後で適切な位置に配置することができ、集光器 40 上で又は集光器 40 表面のある一定の区域で、例えば方向付け放射線量を調節する必要性に対応するように方向制御機構 (図示せず) を用いて方向線機能を有する必要がある場合もある。現在、本出願人は、集光器本体 220 上で約 500 の定常状態温度を維持するには約 5 kW 又はそれ未満の電力ではないかと考えている。また、2 以内又はそれを越える温度均一性を維持する機能を現在企図している。

40

【0042】

集光器 40 の望ましい作動温度の制御を維持するために、冷却装置 232 を含むことができる冷却システム 250 も必要であると考えられる。この冷却装置 232 は、例えば集

50

光器 40 の集光器本体 220 の後部側からの放射熱を吸収するのに利用することができる。この冷却装置 232 は、集光器 40 の集光器本体 220 の後部面 234 の後部にある単純な開放ループ冷間表面とすることができ、かつ例えばヘリウム又は水などで気体又は液体冷却式としてかつ何らかの公称温度で維持することができることが可能である。電力レベルが十分に低い場合、例えば冷却装置 232 用熱交換器（図示せず）からの例えば液体又は気体冷媒の必要なく全く放射性とすることができるようになるように現在企図されている。次に、集光器 40 の集光器本体 220 の後部面 234 の放射率を必要に応じて高く（1 に近い）又は低くなるように設計によって修正することができる。集光器 40 の幾何学形状に対して行う設計上の選択は、例えば、この冷却システム 250 の詳細に相当の影響を与える可能性がある。しかし、基本的な概念は、集光器 40 の本体 220 が、
10 重要な表面上の実際に達成可能な放射率値で入射熱負荷を再放射するのに十分に大きいと仮定して、多くの設計変更に対応させることができる。

【0043】

また、LPP プラズマ形成時の又はそれからのプラズマ放射は、不均一であることが本出願人によって理解されている。本出願人は、現在、放射が等方的分布ではなく、余弦又は同様の分布の形であると考えている。本出願人はまた、現在、熱放射エネルギー分布も非等方的であり、場合によっては光放出の形状、例えば上述のように余弦であると理解している。このような非等方性分布は、例えば、集光器 40、及び例えばより詳細には集光器本体 220 及び集光器 40 反射光学面を差別的に加熱する可能性があり、これは、例えば集光器 40 の光学器械上に温度関連の変形又は面形状精度誤差をもたらす可能性がある。
20 反射光学面にわたって大幅な温度変化が発生すると、集光器 40 光学器械の投射に及び / 又は例えば光を利用するツールに焦点誤差が発生する可能性がある。本出願人は、集光器 40 を例えばゾーン型加熱器で差別的に加熱することによって反射光学器械にわたる温度変化を補正しかつ管理することにより、この問題を解決することを提案する。このような加熱器は、例えば、集光器の反射光学器械の個別の区域に対して異なる熱量を放射するように差別的に電力供給及び制御することができる。すなわち、熱に誘発された変形によって集光器 40 光学面上で面形状精度誤差の差別的分布が発生した場合、これらは、適切な加熱器アレイで集光器 40 を差別的に加熱することによって補正することができる。

【0044】

図 5 A には、本発明の実施形態の態様による例示的加熱器アレイ及び集光器冷却システム 250 を例示的かつ概略的に示している。図 5 A による実施形態は、必要に応じて、また差別的に、例えば図 5 B 及び図 5 C で以下により詳細に説明するようにゾーン別に集光器本体 220 を加熱する役目をするように、集光器本体 220 と冷却要素 232 の中間に幾何学的に形成された表面 242 に例えば位置決めされた例えば加熱器要素ワイヤの断面として概略的に示された加熱器要素 240 を示している。
30

【0045】

ここで図 5 及び図 5 C を参照すると、例えば C110 銅で形成された例えば銅基板から製作され、かつ例えば継手（図示せず）で互いに蝟付けすることができる第 1 の薄いプレート 252 と第 2 の厚いプレート 254 から形成することができる冷却要素 / 内部熱交換器 232 のそれぞれ斜視図と斜視断面図が示されており、第 2 の厚いプレート 254 は、半径方向の冷却ギャラリーに機械加工され、半径方向の冷却ギャラリーは、それぞれのギャラリーの間に流体経路ができるように相互接続することができるが、必ずしも必要ではない。蝟付け継手（図示せず）は、銅自体よりも強いものとすることができる。また、他の形式の結合、例えば拡散接合が可能である。次に、組合せプレートアセンブリ 232 は、例えば打抜き又はダイ圧下により、集光器本体 220 の裏側の全体的形状に合うような適切な形状に形成するように成形することができる。
40

【0046】

C110 は、 388 W/mK の熱伝達率及び 10 ksi の降伏応力を有するほぼ純粋な銅であり、そのために C110 は、比較的延性を有し、かつ集光器本体 220 の後部側に適合する形状に比較的容易に形成される。アセンブリにおいては、例えば、全ての真空湿
50

式継手は、例えば一体性の高い蠟付け継手とすることができる。図 5 B に示すように、このように形成された冷却要素 2 3 2 は、半径方向に延びるセラミックスペース 2 4 4 上に加熱器要素 2 4 0、2 4 0' を取り付けするための構造を形成することができる。

【0047】

ここで図 5 C を参照すると、本発明の実施形態の態様による集光器及び温度制御アセンブリ 2 2 2 が断面斜視等方図で示されている。温度制御アセンブリ 2 2 2 は、加熱器アセンブリ 2 3 8 と共に、例えば、集光器本体 2 2 0 及び冷却要素 2 3 2 を含むことができる。アセンブリ 2 2 2 は、図示のように、円形とすることができ、かつ、側壁取り付けリング（図示せず）によって L P P チャンバの側壁に取り付けることができる密封ブラケット 2 6 2 を含むことができる。密封ブラケット 2 6 2 には、密封リング 2 6 0 上に密封フランジ 2 6 4 を受け止めるための円形密封スロット 2 6 5 がその中に形成されており、これらは、例えば、リチウム又は他のプラズマソース媒体材料、又は他のデブリが冷却要素 2 3 2 の銅に到達しないようにシール、例えばラビリンスシールを互いに形成する役目をする

10

【0048】

密封リング 2 6 0 は、取り付けナット 2 7 2 によって取り付けリング 2 7 0 に取り付けることができる。取り付けリング 2 7 0 は、例えば、取り付けリングナット 2 7 4 によって少なくとも 1 つの駆動レーザビーム入口通路 2 8 2（図 5 C では図示せず）の終点に形成された取り付けフランジ（図示せず）に取り付けることができる。駆動レーザビーム入口通路 2 8 2（図 5 C では図示せず）の終点での取り付けフランジ（図示せず）近くの密封リング（図示せず）は、取り付けリング 2 7 0 上の環状棚部 2 7 6 と取り付けフランジ（図示せず）との間で冷却要素 2 3 2 上の環状リング 2 3 6 を所定の位置に保持する役目

20

【0049】

加熱器アセンブリは、離間した四分円グループを形成する加熱器要素 2 4 0 及び / 又は円形要素を形成する加熱器要素 2 4 0' で形成することができる。要素 2 4 0、2 4 0' の各々は、配線（図示せず）を流れる電流で別々に作動され、望ましい差別的加熱、例えばゾーン別加熱を達成するようにコントローラ（図示せず）で制御される。セラミックスペース 2 4 4 は、加熱器要素 2 4 0、2 4 0' を集光器本体 2 2 0 と冷却要素 2 3 2 の間の空間に、かついずれとも接触しないように保つことができる。

30

【0050】

集光器本体 2 2 0 は、集光器本体 2 2 0 円周の周りに間隔の空いた複数の保持アセンブリによって所定の位置に保持され、かつ一対の圧縮ボールで形成された環状外側保持リングを有するように形成することができ、一対の圧縮ボールの一方は、例えば取り付けリング 2 7 0 において、パネ 2 6 8 でパネ付勢されて集光器本体 2 2 0 を例えば密封リング 2 6 0 と取り付けリング 2 7 0 の間の定位置に固く保持することができるが、集光器本体 2 2 0 の比較的脆い、例えばガラス材料に過度に圧力を加えないものである。集光器 4 0 光学器械、例えば反射光学器械を形成する多層スタックは、環状保持リング 2 8 8 の内方に離間した集光器本体 2 2 0 上に形成するか又は取り付けることができることが理解されるであらう。

40

【0051】

図 5 B 及び図 5 C に例示的に示す設計の利点の一部は、集光器 4 0 本体 2 2 0 の高放射率裏面の加熱が図 5 に示す設計で企図された加熱よりも効率的であると考えられる点である。更に、赤外線に対する集光器 4 0 光学器械の反射率は、光学器械がもしあっても、図 5 A から図 5 C で提案するようなアセンブリでは問題ではない。更に、L P P プラズマ形成チャンバ 6 4 からの冷却要素 2 3 2 の密封により、加熱器要素 2 4 0、2 4 0' 及び / 又は冷却要素 2 3 2 を例えばプラズマソース媒体金属、例えばリチウムから保護するという問題が排除される。差別的に制御可能な加熱器要素、及び同心円的及び / 又は半径方向及び / 又は方形配置のその位置決め、及び選択的な要素の通電は、必要に応じて集光器本体 2 2 0 の加熱の均一性をより良好に制御し、並びに必要に応じて集光器 4 0 のプラズマ

50

生成側からの集光器本体 220 の差別的加熱に対して差別的に補正するように機能することができる。更に、加熱器要素 240、240' は、EUV 光集光経路内の空間に関して競合せず、また、例えばターゲット液滴分布及び/又は追跡、又はプラズマ形成追跡、又は同様の器具及びサブシステムの配置を妨げるものでもない。また、アセンブリ 222 全体は、オプトメカニカル構成要素をプラズマ形成チャンバ内の高温から遮蔽する役目をするることができる。

【0052】

本出願人は、例えば反射性多層コーティングとの熱膨張係数 (CTE) 不適合の危険性が低いと考えられるので、表 2 に示すような何らかの形態の SiC が、集光器本体 220 基板に対する特性の最良の混合を有する場合があると現在考えている。しかし、SiC は、硬質材料であり、従って研磨には時間が掛かるが、それを Si 被覆及びダイヤモンド旋盤に掛け、次に研磨することができる。しかし、例えば作製上の考慮により、Ni、例えば他のより軽量材料上の Ni メッキ、Mo、Be、又は未加工 Si のような他の材料が有用である場合がある。しかし、このような他の材料の一部又は全てでは、CTE の問題が支配的になるであろう。

【0053】

図 7 から図 9 は、本発明の実施形態の態様による LPP の EUV 光源集光器 40 の熱管理システムの設計に関係するグラフを示している。

図 6 に示すような本発明の実施形態の態様によれば、LPP の EUV 光源に対するターゲット照明のための放射源として使用される LPP 駆動レーザービーム 52 は、真空チャンバ 64 内で使用できると考えられる。このチャンバ 64 は、例えばビーム 52 のためのウィンドウを有することができ、このウィンドウ 284 は、例えば望ましい開始サイト 32 を含むレーザーターゲット相互作用ゾーンから遠く離れた位置に配置することができる。例えば Ru やはその他のような反射性金属で作られた集束光学器械 300、例えばグレーティング入射光学器械 302 は、望ましいプラズマ開始サイト 32 周りの相互作用ゾーンの望ましいプラズマ開始領域 (すなわち、望ましいサイト 32 と異なるが、上述のように望ましいプラズマ開始領域内であれば、選択プラズマ開始サイト 30 [図 6 A には図示せず] を含む) 上にビーム 52 を集束させる役目をするることができる。集束光学器械 300 は、例えば、当業技術で示されているような入れ子状のそのような表面を含む集束光学器械 300 の表面、例えば楕円面 302 に沿った点にビーム 52 の光線が入射するように、焦点がレンズ 54 と集束光学器械 52 の間にある集束レンズ 54 をビーム 52 が例えば通った後にビーム 52 を集束させることができる。従って、グレーティング光学器械 300 表面 302 に到達する光は、集束レンズ 54 とグレーティング入射光学器械 300 との間にある集束レンズ 54 の焦点にある光源から来たように見えるであろう。また、グレーティング入射光学器械 300 の代わりに、直角入射反射光学器械も使用することができる。光学要素 302 は、楕円、双曲面、卵形、放物線、又は球形など、又はその組合せとすることができ、チャンバ 64 の内側にある相互作用ゾーン内のプラズマ開始サイト 32、30 にビーム 52 をより良く集束させるように機能する。直径が約 1 mm とすることができる例えば分離壁 304 内の小さな開口を用いると、例えばターゲットデブリ材料及び他のデブリ材料が集束レンズ 54 に到達するのを阻止することができる。

従って、本発明の実施形態の態様によれば、EUV 光集光光学器械の態様は、レーザー放射線を例えば望ましいプラズマ開始サイト周りの望ましいプラズマ開始領域内の選択プラズマ開始サイト 30 に集束させるようになっている。こうして、加熱及び蒸発などの全ての保護手法及び以下に説明するものを含む他のものは、この光学器械 300 に対しても使用することができる。

【0054】

図 6 B に示す本発明の実施形態の態様によれば、反射体 300' シェルを形成する放物線反射体表面 310 を使用してビーム 52 を集束させることができる。図 6 C に示すように、表面の組合せを使用して、例えば、直列の楕円、又は放物面 320 続いて共焦及び同軸放物面 322 の組合せを含む「Wolter」反射体を使用して、集光器 40 (図 6 A

10

20

30

40

50

から図 6 D では図示せず) の焦点付近に、すなわち、望ましいプラズマ開始領域内の選択プラズマ開始サイトにビーム 5 2 を集束させることができる。図 6 D においては、ビーム 5 2 は、平坦又は曲面光学器械 3 3 0 を通過させて平坦又は曲面反射面 3 3 2 に当てて集光器焦点 3 2 で集束する。例えば、曲面光学器械 3 3 0 に対しては、例えば、平坦光学器械反射面 3 3 2 が光学器械 3 3 0 の焦点と光学器械 3 3 0 自体の間にあり、平坦光学器械 3 3 2 は、集光器焦点 3 2 上に集束する。平坦光学器械 3 3 2 は、例えば円錐レーザービーム入力通路 (図 1 2 に示す) の一部とすることができる。

【 0 0 5 5 】

ここで図 1 0 A 及び図 1 0 B を参照すると、それぞれ、図 1 0 B の断面線 1 0 A に沿った側面断面図、及び集光器 4 0 のデブリ遮蔽体を有する集光器 4 0 及びデブリ遮蔽体内の箔セパレータ 5 0 0、5 0 2 の正面図が概略的に示されている。一例として、集光器 4 0 は、回転軸に関して対称の楕円反射面を形成することができ、デブリ遮蔽体の箔セパレータ 5 0 0、5 0 2 は、この楕円反射面の焦点 3 2 の中間にある。箔セパレータ 5 0 0、5 0 2 は、例えば、本質的に集光器 4 0 と残材遮蔽体の駆動レーザービーム開口部からデブリ遮蔽体の半径範囲まで延びることができる交互する長い箔セパレータ 5 0 0 と、例えば、半径範囲から半径範囲の中間の位置まで延びる短い箔セパレータ 5 0 2 と、駆動レーザービーム 5 2 開口部とを含むことができる。薄い箔セパレータ 5 0 0 は、同じくできるだけ薄い短い箔シート 5 0 2 と共に、構造的にできるだけ薄い箔シートを含むことができ、すなわち、焦点 3 2 から集光器 4 0 反射面まで、更に中間焦点 4 2 までの E U V 光線経路に整列した光通路を形成することができる。長い箔セパレータ 5 0 0 と短い箔セパレータ 5 0 2 との混合は、例えば、構造的一体性又は箔シート 5 0 0、5 0 2 のデブリ除去機能を著しく落とすことなく光通路開口部を大きくする役目をするすることができる。また、箔シートは、複数の長さとすることができ、すなわち、短い箔自体を異なる長さとし、かつ介在する長い箔シートセパレータと共に何らかのパターンで回転軸に関して分布させるか、又は代替的なランダムにそのように分布させることができることも企図されている。

【 0 0 5 6 】

箔シート 5 0 0、5 0 2 は、そうでなければ集光器 4 0 に到達すると考えられる、ターゲット材料自体を有する化合物であるか否かを問わず例えばリチウムターゲット材料内に導入された不純物の化合物を含むリチウム又は他のターゲット金属及び / 又はその化合物をメッキする役目をするすることができることが理解されるであろう。また、箔シートセパレータ 5 0 0、5 0 2 は、他のデブリ緩和の影響を有することができる。更に別の到達材料、例えばリチウム及びリチウムイオンは、箔セパレータシート 5 0 0、5 0 2 から材料をスパッタリングすることができる。集光器デブリ遮蔽体セパレータ箔シート 5 0 0、5 0 2 を加熱すると、セパレータ箔シート 5 0 0、5 0 2 上のメッキ後にセパレータ箔シート 5 0 0、5 0 2 上にメッキされた材料の一部を蒸発させることができる。

【 0 0 5 7 】

R F コイル 5 1 0 は、デブリ遮蔽体と焦点 3 2 のプラズマ開始との中間にプラズマ障壁を形成し、例えば高速移動イオン及び / 又は他の形態のデブリを例えば減速させて散乱させ、そのためにこのようなイオン又はデブリは、最終的に箔シート 5 0 0、5 0 2 上に堆積する。例えば永久磁石又は電磁石とすることができるステアリング磁石 5 1 2、5 1 4 により作り出された磁場は、例えば L P P プラズマによって又は R F 誘導プラズマによって生じたイオンをデブリ遮蔽体の区域の前に及び / 又はその区域内に誘導され、集光器 4 0 及びその敏感な多層反射面から遠ざける役目をするすることができる。

【 0 0 5 8 】

ここで図 1 1 を参照すると、例示的な E U V エネルギー検出システム及び集光器効率計測システムが概略的に横断面で示されており、これらは、例えばシャッタ 5 2 0 の作動により、望ましいプラズマ開始サイト 3 2 周りの望ましいプラズマ開始領域内のプラズマ開始サイトで例えば始まる E U V 光に例えば間欠的に露光させることができる E U V 基準測定アーム 5 1 8 内の E U V 電力検出器 (電力計) 1 6 2 ' を含むことができる。また、E U V 光集光器効率計測システムの一部は、チャンバ 6 4 内で集光器 4 0 (図 1 1 では図示せ

ず)からの光通路を著しく阻止しないような場所に配置されるが、例えば集光器40上の実際の多層反射面と比較的同じ量でプラズマデブリを受けるように位置決めされ、例えば、同じ材料で作られた例えば集光器サンプル530とすることができる。集光器サンプル530はまた、実際の集光器40反射面を保護し、及び/又は実際の集光器40反射面のものに対するデブリ露光の差異に対処する何らかの方法で較正するために実施された同じ保護をそれがもしあれば模擬する方法でデブリから保護することができる。

【0059】

集光器効率計測システムは、例えばシャッタ520を開き、同時にEUV測定アーム522端部のEUV電力計162'を読み取ることにより、EUV基準測定アーム518内のEUV電力計162'をプラズマ開始サイト32でプラズマから発するEUVに露光させることによって作動させることができることが理解されるであろう。これは、例えば、プラズマ開始サイト32で生成されたEUVと集光器サンプル530から検出器162'に反射されたEUVとの間の差異を与えることができる。これは、集光器自体が反射する光の量が集光器40反射面に到達するプラズマ開始サイトから放出された光の全てよりも少ないのと同様に、例えば集光器サンプル530上の多重反射コーティングの反射率損失により初めから異なる値である場合がある。しかし、時間と共に、この差異の変化は、集光器40の作動、例えばそこでのデブリ形成の悪影響を反映する場合がある。これを利用すると、例えばEUV検出器162'及び162'で感知されたEUV光間の差異の経時的な変化から、例えば集光器40性能により、例えばIFで又はリソグラフィツール内で受け取られたEUVにより、システム全体の計量測定の他の面を較正することができる。また、それぞれのターゲット、例えばそれぞれのターゲット20を照射する例えば駆動レーザタイミング間違いを検出する目的でプラズマ開始サイト32、30で生成されたEUVエネルギーの例えば幾何学的均衡を検出するために、検出器162'は、上述のように、図1に示す検出器162のアレイの一部の役目をするということが理解されるであろう。

【0060】

ここで図12を参照すると、例えば、駆動レーザ集束光学器械を保護する1つの形態のデブリ管理システムが概略的に横断面で示されており、これは、例えば駆動レーザビーム入力通路282内の駆動レーザ入力ウィンドウ54を形成することができる。駆動ビーム入力通路282は、それを取り囲んで、EUVプラズマ開始サイト32に向かって一端にプラズマ形成機構、例えばプラズマ形成RFコイル540を有することができる。これは、作動中に、レーザビーム入力通路282を例えば集光器の駆動レーザビーム開口部を通じてレーザビーム入力通路282に入るデブリ、例えばプラズマソース媒体、例えばターゲット金属、原子、及び/又はイオン、例えばリチウム及びリチウム化合物及びリチウム不純物化合物、原子、及び/又はイオンを例えばイオン化又は更にイオン化する役目をすることができる。EUVプラズマ開始サイトで形成され、及び/又はRFコイル540によってレーザビーム通路282内に形成されたプラズマ開始RF場で形成又は更に通電されたイオンは、次に、ステアリング磁石550によって誘導することができる。また、コイル540によって形成されたRF場は、EUVプラズマ開始領域から通路282に入るイオンを減速する役目をする。ステアリング磁石550は、レーザビーム入力通路282内のプラズマを曲げて、ある一定の角度で例えばレーザビーム入力通路282に直交して延びるデブリトラップ523に入れるステアリング磁場を形成することができる。そのように誘導されたデブリの流れは、例えば、何らかの電圧-Uまで負に帯電してデブリの流れ534に含まれたデブリ材料をメッキすることができる帯電板552に入射することができる。

【0061】

例えば、ウィンドウ/レンズ54によって形成された光学器械の保護を更に高めるのは、駆動レーザ入口通路282を通じたパージガス入口560からパージガス出口562までのパージガス、例えばヘリウムの流れであろう。代替的に、パージガスは、図12に例示的に示すように、パージガス入口560の代わりに又はパージガス入口560に加えて、円錐レーザビーム入口管570を通じてパージガスをチャンバ64に排気することがで

10

20

30

40

50

きる。

【0062】

ここで図13を参照すると、例えば、駆動レーザ入力通路282のウィンドウ/レンズ54の保護のための別の形式のデブリ管理システムが概略的に横断面で示されている。図13のこのシステムは、駆動レーザ入力通路282内で例えば駆動レーザ集束レンズ300に向かう途中に駆動レーザビーム52を集束させることができる開口582を有する例えば遮蔽板を含むことができ、パージガス入口560は、遮蔽板580の駆動レーザビーム入力側にあり、パージガス出口562は、遮蔽板580の集光器40側にある。また、図13のシステムは、EUVプラズマ開始領域から通路に入るイオンを減速させる役目をすることができ、例えば、RFコイル540を含むことができる。

10

【0063】

駆動レーザ入力通路282内のプラズマ集束光学器械300は、例えば図12の実施形態では駆動レーザ入力通路282のEUVプラズマ開始端と光学器械54との間は300mmであるのに対して、より長い駆動レーザ入力通路、例えば駆動レーザ入力通路282のEUVプラズマ開始端と遮蔽板580の間で1000mmを可能にするように、例えば駆動レーザビーム52をターゲットプラズマ開始サイト32に再集束させる役目をするることができることが理解されるであろう。これは、例えば、駆動レーザビーム入力通路282のEUVプラズマ開始サイト32端と遮蔽板580の間でのデブリのより多くの消散及び収集を可能にすることができ、少なくともデブリが開口582で最小に維持され、開口582を通るデブリの通過を阻止して開口582を通るパージガスの流れを促進する。開口582は、約1mmの開口部を有し、かつ光学器械54の焦点に配置することができる。次に、レーザビーム56は、光学器械54によって開口582のオリフィスの近くの焦点590に集束させられる。次に、ミラー302は、ビーム54をプラズマ開始サイト32に再集束させる。駆動レーザ入力通路282の側壁は、負の電圧に維持することができ、及び/又は磁場を利用してデブリが通路282のEUVプラズマ開始サイト端と遮蔽板580との中間にある駆動レーザ入力通路282の内部壁に流れて堆積するのを容易にすることができる。

20

【0064】

駆動レーザ集束光学器械300はまた、コイル540からのあらゆるRF加熱に加えて、電気接続部(図示せず)によって電氣的に加熱することができ、グレーディング入射角でさえもEUVではなく、例えば駆動レーザビーム52のDUVに対して反射性であるから、EUV又はデブリを開口580に再度集束させない。レーザ集束光学器械300は、金属ミラー302を有することができる。

30

以上により、本発明の態様を説明した。

【図面の簡単な説明】

【0065】

【図1】本発明の実施形態の態様の概略図である。

【図2】図1に概略図で示す本発明の態様の側面図である。

【図3】図1及び図2に示す本発明の実施形態の態様の概略図の更に別の詳細を示す図である。

40

【図3A】本発明の実施形態の態様によるEUV方法システムのブロック図である。

【図4】本発明の実施形態の態様による原位置リチウム純化システムの概略図である。

【図5】本発明の実施形態による集光器の実施形態の態様を示す図である。

【図5A】本発明の実施形態の態様による図5の変形を示す図である。

【図5B】本発明の実施形態の態様による図5の変形を示す図である。

【図5C】本発明の実施形態の態様による図5の変形を示す図である。

【図6A】本発明の実施形態の態様によるLPPのEUVシステムの実施形態の更に別の態様を示す図である。

【図6B】本発明の実施形態の態様によるLPPのEUVシステムの実施形態の更に別の態様を示す図である。

50

【図 6 C】本発明の実施形態の態様による L P P の E U V システムの実施形態の更に別の態様を示す図である。

【図 6 D】本発明の実施形態の態様による L P P の E U V システムの実施形態の更に別の態様を示す図である。

【図 7】450 mm (5 s r 集光角度) と 250 mm (2 s r 集光角度) の集光器直径に関する照明器入力立体角の関数としての本発明の態様によるレーザ生成プラズマと中間焦点の間の距離関係の図である。

【図 8】 $W / c m^2$ の熱負荷と 5 s r 集光器に対する集光器ミラー直径との間の関係、及び地球上に入射する太陽放射線、すなわち、 $14 W / c m^2$ からの概算熱負荷との比較の図である。

10

【図 9】400 及び 500 でのミラー直径の関数としての放射率の図である。

【図 10 A】本発明の実施形態の態様による 3 次元物理的デブリ遮蔽体を有する集光器の概略図である。

【図 10 B】本発明の実施形態の態様による 3 次元物理的デブリ遮蔽体を有する集光器の概略図である。

【図 11】本発明の実施形態の態様による方法システムの概略横断面図である。

【図 12】本発明の実施形態の態様によるデブリからシステム光学器械を保護するための機器及び方法の概略横断面図である。

【図 13】本発明の実施形態の態様による図 12 のものに対する代替的な実施形態の概略横断面図である。

20

【符号の説明】

【0066】

32 望ましいプラズマ開始サイト

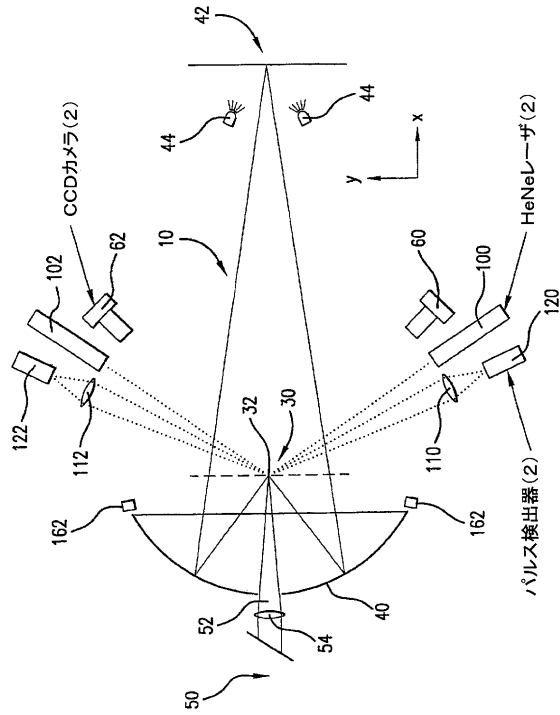
92 ターゲットストリーム

104、106 円筒形レンズ

108 レーザビーム

110、112 集束レンズ

【図 1】



【図 2】

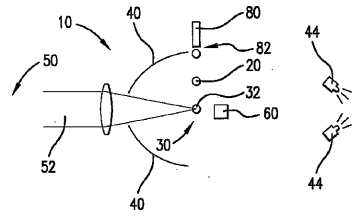


FIG. 2

【図 3】

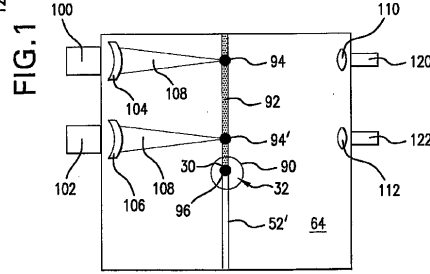


FIG. 3

【図 3 A】

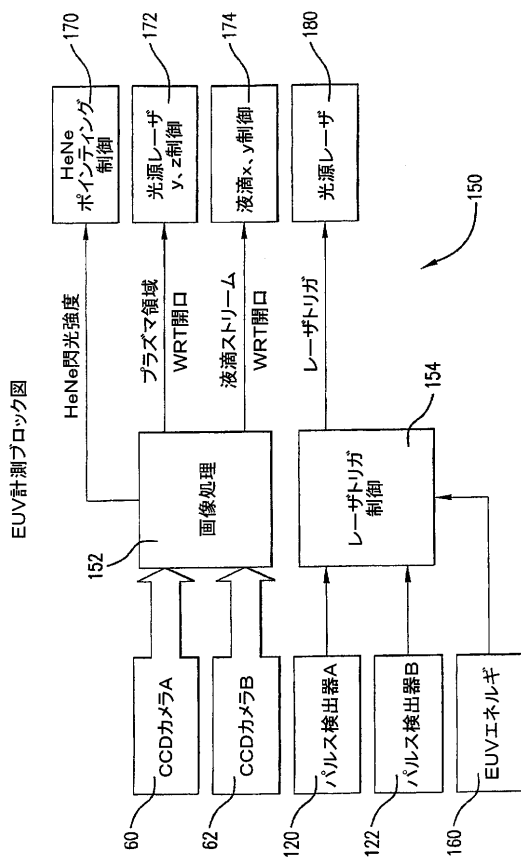


FIG. 3A

【図 4】

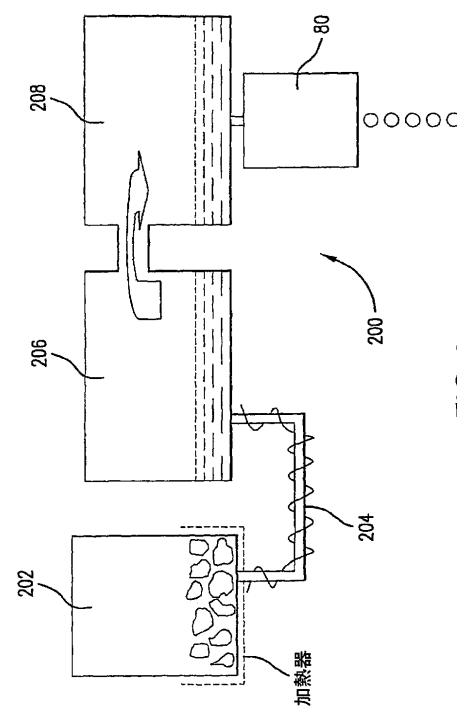


FIG. 4

【 図 6 A 】

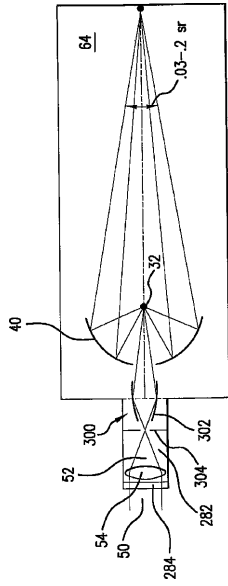


FIG. 6A

【 図 6 B 】

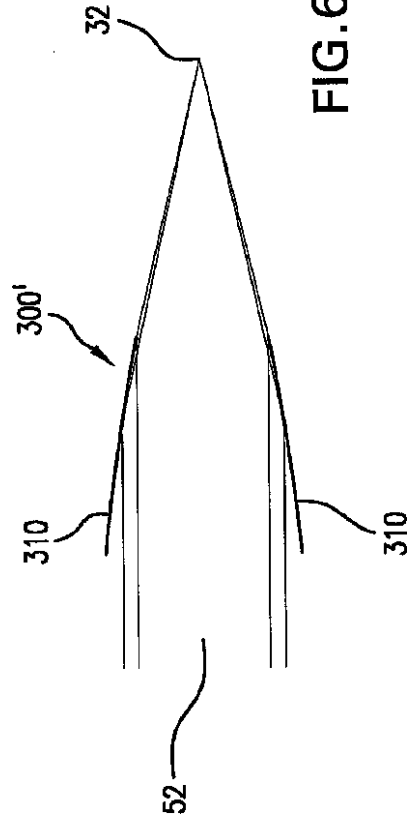


FIG. 6B

【 図 6 C 】

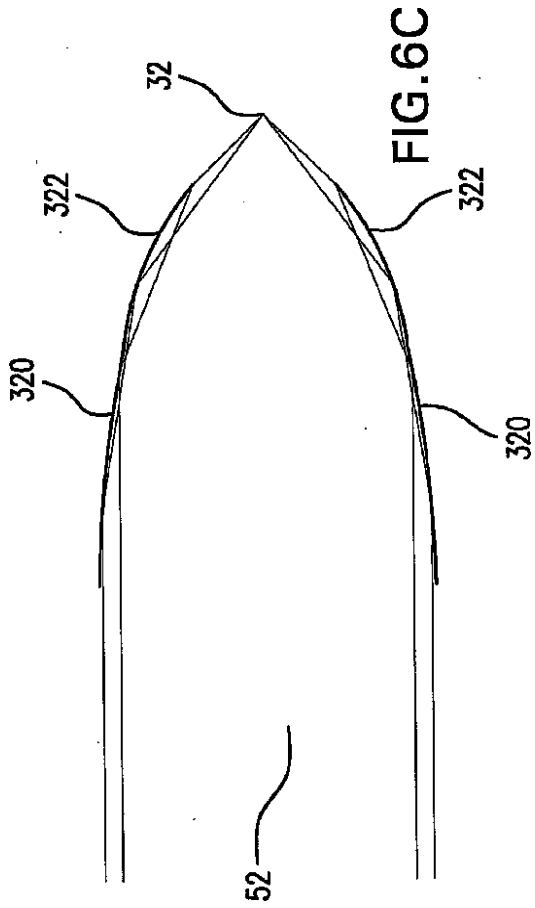


FIG. 6C

【 図 6 D 】

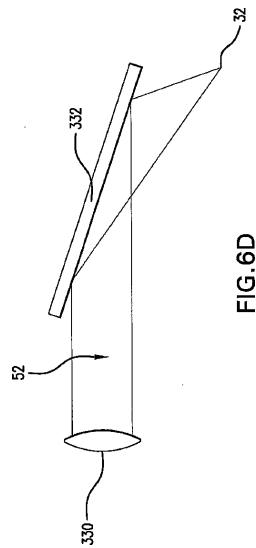


FIG. 6D

【図 7】

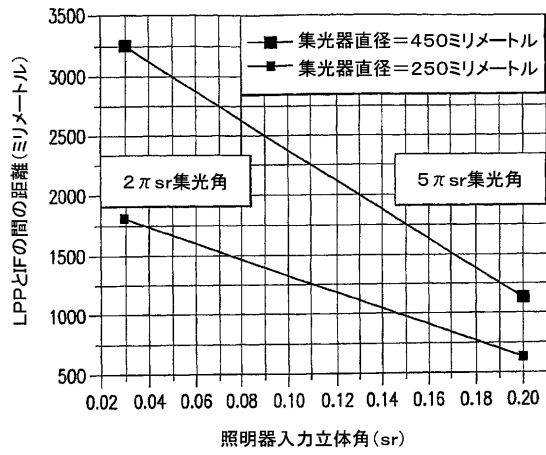


FIG.7

【図 8】

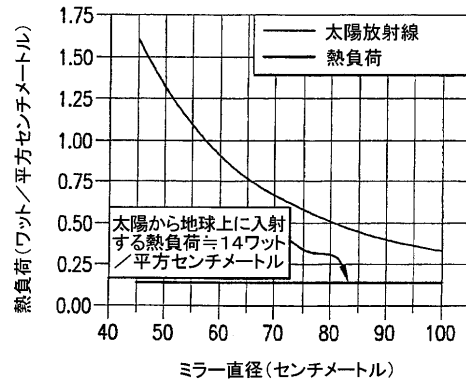


FIG.8

【図 9】

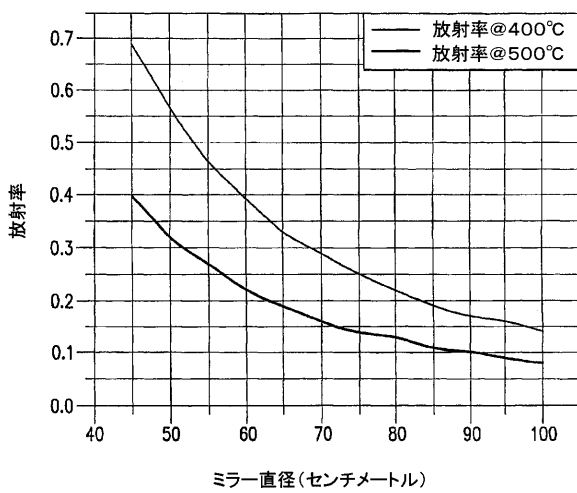


FIG.9

【図 10 A】

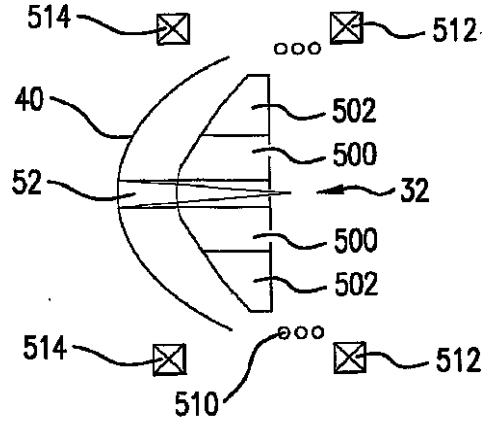


FIG.10A

【図10B】

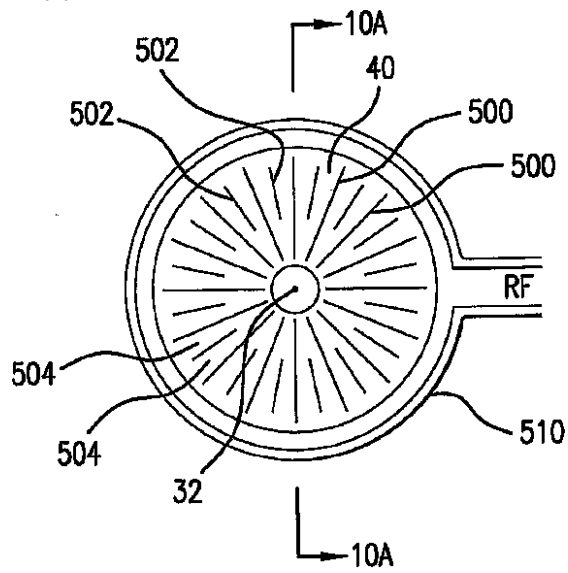


FIG. 10B

【図11】

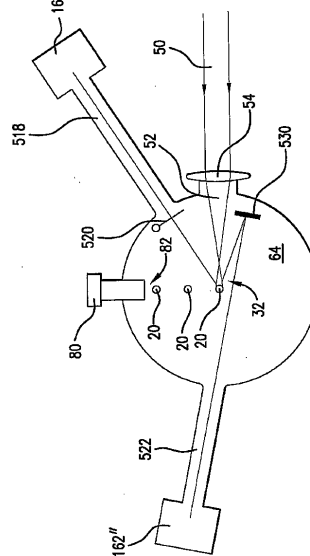


FIG. 11

【図12】

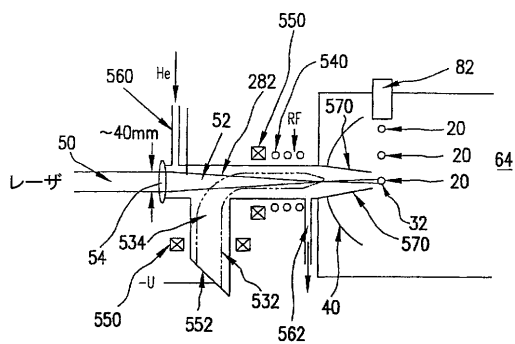


FIG. 12

【図13】

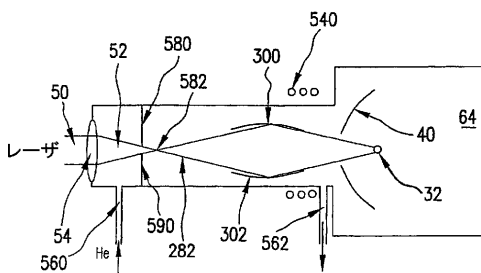


FIG. 13

フロントページの続き

- (31)優先権主張番号 10/900,839
(32)優先日 平成16年7月27日(2004.7.27)
(33)優先権主張国 米国(US)

前置審査

- (72)発明者 パートロ ウィリアム エヌ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 0 6 4 ポーウェイ ペドリーザ ドライヴ 1 2 6 3
4
- (72)発明者 バウアリング ノーバート アール
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 7 サン ディエゴ マテュリン ドライヴ 1 5
3 9 3 アpartment 2 4 2
- (72)発明者 アーショフ アレクサンダー アイ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 7 サン ディエゴ メドー フラワー プレイス
1 1 3 1 2
- (72)発明者 フォーメンコフ イゴー ヴィー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 9 サン ディエゴ ジャーナル ウェイ 1 4 3
9 0
- (72)発明者 オリヴァー アイ ロジャー
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 1 7 サン ディエゴ カーソン ストリート 3 9
4 4
- (72)発明者 ヴィアテラ ジョン
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 4 サン ディエゴ ポートベロ ドライヴ 1 1
0 4 8
- (72)発明者 ジャックス ロバート エヌ
アメリカ合衆国 カリフォルニア州 9 2 1 2 9 サン ディエゴ シャーボーン レーン 7 1
6 3

審査官 秋田 将行

- (56)参考文献 特開2000-340394(JP,A)
特開2001-108799(JP,A)
特開2004-039927(JP,A)
特開2004-111907(JP,A)
欧州特許出願公開第01367867(EP,A1)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 21/027
G21K 1/00
G21K 5/08
H05G 2/00