

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-3548

(P2010-3548A)

(43) 公開日 平成22年1月7日(2010.1.7)

(51) Int.Cl.			F I			テーマコード (参考)		
H05G	2/00	(2006.01)	H05G	1/00		K	4C092	
H01L	21/027	(2006.01)	H01L	21/30	531S		5F046	
G21K	5/08	(2006.01)	G21K	5/08		X		

審査請求 未請求 請求項の数 13 O L (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2008-161556 (P2008-161556)
 (22) 出願日 平成20年6月20日 (2008. 6. 20)

(71) 出願人 000001236
 株式会社小松製作所
 東京都港区赤坂二丁目3番6号
 (71) 出願人 300073919
 ギガフォトン株式会社
 東京都千代田区大手町2-6-1 朝日東
 海ビル
 (74) 代理人 110000279
 特許業務法人ウィルフォート国際特許事務所
 (72) 発明者 柳田 達哉
 神奈川県平塚市万田1200 株式会社小
 松製作所研究本部内

最終頁に続く

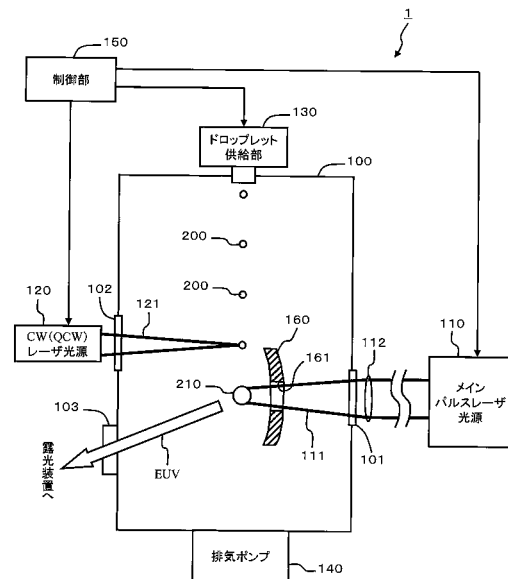
(54) 【発明の名称】 極端紫外光源装置及び極端紫外光の生成方法

(57) 【要約】

【課題】本発明のEUV光源装置は、メインパルスレーザー光の照射前に、CW(QCWを含む)光をターゲットに照射することにより、ターゲットを蒸発させて適切な密度及び形状を有するターゲットに変化させる。

【解決手段】ターゲット200には、最初に、CWレーザー光121が照射される。これにより、ターゲット200が加熱されて蒸発し、ガス状のターゲット210を得る。次に、ガス状ターゲット210にメインパルスレーザー光111が照射される。これにより、ガス状ターゲット210はプラズマ化してEUV光を放射する。メインパルスレーザー光の照射される照射点の直前で、ターゲット200を気化させてガス状にするため、効率よくメインパルスレーザー光を照射することができる。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザー光をターゲット物質に照射してプラズマ化させることにより、極端紫外光を発生させる極端紫外光源装置であって、

チャンバと、

前記チャンバ内に前記ターゲット物質を供給するターゲット物質供給手段と、

前記チャンバ内に供給される前記ターゲット物質に、連続光または疑似連続光として構成される第 1 レーザ光を照射して蒸発させるための第 1 レーザ光源と、

加熱された前記ターゲット物質に第 2 レーザ光を照射して前記ターゲット物質をプラズマ化させることにより極端紫外光を放射させるための第 2 レーザ光源と、

を備える極端紫外光源装置。

10

【請求項 2】

前記第 1 レーザ光は複数用意されており、これら複数の第 1 レーザ光を前記ターゲット物質にそれぞれ照射させる、請求項 1 に記載の極端紫外光源装置。

【請求項 3】

前記複数の第 1 レーザ光を、前記ターゲット物質のそれぞれ異なる領域にそれぞれ照射させる、請求項 2 に記載の極端紫外光源装置。

【請求項 4】

前記複数の第 1 レーザ光を、前記ターゲット物質の移動経路上のそれぞれ異なる位置で前記ターゲット物質にそれぞれ照射させる、請求項 2 に記載の極端紫外光源装置。

20

【請求項 5】

前記第 1 レーザ光を、前記ターゲット物質の移動に追従させて前記ターゲット物質に照射し続ける、請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の極端紫外光源装置。

【請求項 6】

前記第 1 レーザ光を、前記ターゲット物質の移動経路に応じた所定形状に形成する、請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれかに記載の極端紫外光源装置。

【請求項 7】

前記所定形状の前記第 1 レーザ光の強度を空間変調する、請求項 6 に記載の極端紫外光源装置。

【請求項 8】

前記第 2 レーザ光が照射される照射点に近づくとつれて前記第 1 レーザ光の強度が増大するように、前記所定形状の前記第 1 レーザ光の強度を空間変調する、請求項 7 に記載の極端紫外光源装置。

30

【請求項 9】

前記第 1 レーザ光を、前記ターゲット物質の所定範囲の移動に追従させて前記ターゲット物質に照射し続け、かつ、前記ターゲット物質が前記第 2 レーザ光に照射される照射点の手前に到達した場合に、強度を増大させる、請求項 1 に記載の極端紫外光源装置。

【請求項 10】

前記第 1 レーザ光を反射させて前記ターゲット物質に照射させるための反射鏡を備える、請求項 1 ~ 請求項 9 のいずれかに記載の極端紫外光源装置。

40

【請求項 11】

前記プラズマ化した前記ターゲット物質から放射される極端紫外光を集光するための集光ミラーをさらに備え、当該集光ミラーを、前記第 1 レーザ光を反射させて前記ターゲット物質に照射させるための反射ミラーとしても使用する、請求項 1 ~ 請求項 10 のいずれかに記載の極端紫外光源装置。

【請求項 12】

前記ターゲット物質に、少なくとも前記第 1 レーザ光の吸収を助長するための添加物が加えられている、請求項 1 ~ 請求項 11 のいずれかに記載の極端紫外光源装置。

【請求項 13】

レーザー光をターゲット物質に照射してプラズマ化させることにより、極端紫外光を生成さ

50

せる方法であって、

チャンバ内に前記ターゲット物質を供給し、

前記チャンバ内に供給される前記ターゲット物質に、連続光または疑似連続光として構成される第1レーザ光を照射して蒸発させ、

加熱された前記ターゲット物質に第2レーザ光を照射して前記ターゲット物質をプラズマ化させることにより極端紫外光を放射させる、
極端紫外光の生成方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、極端紫外光源装置及び極端紫外光の生成方法に関する。

【背景技術】

【0002】

例えば、レジストを塗布したウェハ上に、回路パターンの描かれたマスクを縮小投影し、エッチングや薄膜形成等の処理を繰り返すことにより、半導体チップが生成される。半導体プロセスの微細化に伴い、より短い波長の光が求められている。

【0003】

そこで、13.5nmという極端に波長の短い光と縮小光学系とを使用する、半導体露光技術が研究されている。この技術は、EUVL (Extreme Ultra Violet Lithography : 極端紫外線露光) と呼ばれる。以下、極端紫外光をEUV光と呼ぶ。

【0004】

EUV光源としては、LPP (Laser Produced Plasma : レーザ生成プラズマ) 式の光源と、DPP (Discharge Produced Plasma) 式の光源と、SR (Synchrotron Radiation) 式の光源との三種類が知られている。LPP式光源とは、ターゲット物質にレーザ光を照射してプラズマを生成し、このプラズマから放射されるEUV光を利用する光源である。DPP式光源とは、放電によって生成されるプラズマを利用する光源である。SR式光源とは、軌道放射光を使用する光源である。以上三種類の光源のうち、LPP式光源は、他の方式に比べてプラズマ密度を高くすることができ、かつ、捕集立体角を大きくできるため、高出力のEUV光を得られる可能性が高い。

【0005】

EUV光は波長が短く、物質に吸収されやすいため、EUVLでは、反射光学系が採用される。反射光学系は、例えば、モリブデン (Mo) とシリコン (Si) とを用いた多層膜を使用して構築される。Mo/Siの多層膜は、13.5nm付近の反射率が高いため、EUVLでは13.5nmのEUV光を使用する。

【0006】

しかし、多層膜の反射率は70%程度のため、反射を繰り返すにつれて、EUV光の出力は次第に低下する。露光装置内でEUV光は十数回反射するため、EUV光源装置は、高出力のEUV光を露光装置に供給する必要がある。そこで、EUV光源装置として、LPP式の光源に期待が寄せられている (特許文献1)。

【0007】

LPP式のEUV光源装置は、錫 (Sn) やキセノン (Xe) あるいはリチウム (Li) 等をターゲット物質として使用し、このターゲット物質にレーザ光を照射する。特に、液体金属である錫のドロップレット (ターゲット) と炭酸ガス (CO₂) パルスレーザとを組み合わせるLPP式光源は、必要最小量のドロップレットを使用すればよく、かつ、EUV光の発光効率が高いことから、有望な構成であると見られている。

【0008】

ドロップレットの量を最小にとどめることにより、デブリ (debris) の発生量を抑制し、EUV集光ミラー等の各種光学部品への悪影響を少なくできる。しかし、ドロップレットの量が少ないため、ドロップレットの直径に比べて炭酸ガスレーザの照射直径が大きくなり易い。多くのレーザ光がドロップレットに作用せずに通過するため、EUV光の出力

10

20

30

40

50

効率の点で改善の余地がある。

【0009】

そこで、ドロップレットにメインパルスレーザを照射する前に、プリパルスレーザをドロップレットに照射することにより、ドロップレットの形状や密度を変化させて、プレフォーミングする技術が提案されている（特許文献2，特許文献3）。

【特許文献1】特開2006-80255号公報

【特許文献2】米国特許出願公開第2006/0255298号明細書

【特許文献3】国債公開第2003/96764号パンフレット

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0010】

従来技術では、メインパルスレーザの照射前にプレパルスレーザをターゲットに照射する方法を提案する。しかし、錫のような金属材料のターゲットは、熱容量が大きいので、プリパルスレーザを照射しても、その全部を蒸発させるのは難しい。パルスレーザの照射によってドロップレットに生じるアブレーション及び蒸発は、ドロップレットの表面にとどまるため、多くの材料が液体のまま飛散する。

【0011】

本発明は、上記問題に着目してなされたもので、その目的は、第1レーザ光の照射によって、ターゲット物質の比較的多くの部分を予め蒸発させ、ガス状のターゲットに第2レーザ光を照射させることにより、極端紫外光の生成効率を高めることができるようにした

20

【課題を解決するための手段】

【0012】

上記課題を解決するために、本発明の第1観点に係る極端紫外光源装置は、レーザ光をターゲット物質に照射してプラズマ化させることにより、極端紫外光を発生させる極端紫外光源装置であって、チャンバと、チャンバ内にターゲット物質を供給するターゲット物質供給手段と、チャンバ内に供給されるターゲット物質に、連続光または疑似連続光として構成される第1レーザ光を照射して蒸発させるための第1レーザ光源と、加熱されたターゲット物質に第2レーザ光を照射してターゲット物質をプラズマ化させることにより極端紫外光を放射させるための第2レーザ光源と、を備える。

30

【0013】

第1レーザ光を複数用意し、これら複数の第1レーザ光をターゲット物質にそれぞれ照射させてもよい。

複数の第1レーザ光を、ターゲット物質のそれぞれ異なる領域にそれぞれ照射させてもよい。

複数の第1レーザ光を、ターゲット物質の移動経路上のそれぞれ異なる位置でターゲット物質にそれぞれ照射させてもよい。

第1レーザ光を、ターゲット物質の移動に追従させてターゲット物質に照射し続けてもよい。

40

第1レーザ光を、ターゲット物質の移動経路に応じた所定形状に形成してもよい。

所定形状の第1レーザ光の強度を空間変調してもよい。

第2レーザ光が照射される照射点に近づくにつれて第1レーザ光の強度が増大するように、所定形状の第1レーザ光の強度を空間変調してもよい。

第1レーザ光を、ターゲット物質の所定範囲の移動に追従させてターゲット物質に照射し続け、かつ、ターゲット物質が第2レーザ光に照射される照射点の手前に到達した場合に、強度を増大させてもよい。

第1レーザ光を反射させてターゲット物質に照射させるための反射鏡を備えることもできる。

【0014】

50

プラズマ化したターゲット物質から放射される極端紫外光を集光するための集光ミラーをさらに備え、当該集光ミラーを、第1レーザ光を反射させてターゲット物質に照射させるための反射ミラーとして使用してもよい。

ターゲット物質に、少なくとも第1レーザ光の吸収を助長するための添加物を加えてもよい。

【0015】

本発明の第2観点に従う極端紫外光の生成方法は、レーザ光をターゲット物質に照射してプラズマ化させることにより、極端紫外光を生成させる方法であって、チャンバ内にターゲット物質を供給し、チャンバ内に供給されるターゲット物質に、連続光または疑似連続光として構成される第1レーザ光を照射して蒸発させ、加熱されたターゲット物質に第2レーザ光を照射してターゲット物質をプラズマ化させることにより極端紫外光を放射させる。

10

【発明の効果】

【0016】

本発明によれば、第2レーザ光が照射されるよりも前に、連続光または疑似連続光として構成される第1レーザ光をターゲット物質に照射して加熱することにより、ターゲット物質を蒸発させることができる。従って、本発明によれば、ガス状のターゲットに第2レーザ光を照射させることができ、極端紫外光の生成効率を高めることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0017】

20

以下、図を参照しながら、本発明の実施形態を詳細に説明する。本実施形態では、以下に述べるように、それぞれ異なる複数種類のレーザ光をターゲットに照射することにより、ターゲットの状態を変化させてEUV光を得る。より詳しくは、本実施形態では、まず最初に、連続光または疑似連続光として構成される第1レーザ光をターゲットに照射してターゲットを蒸発させ、その次に、パルスレーザ光として構成される第2レーザ光をガス状態のターゲットに照射する。

【0018】

つまり、本実施形態では、第2レーザ光が照射される位置の手前近傍において、第1レーザ光をターゲット（例えば、金属材料からなる液体ターゲット）に事前に照射することにより、EUV光の発光に適した密度及び形状のガス状ターゲットを生成する。これにより、第2レーザ光の照射位置にガス状ターゲットを送り込むことができ、第2レーザ光を効果的に照射させて、EUV光を効率的に発光させることができる。

30

【0019】

換言すれば、必要最小量の質量を有する微少ターゲット（金属製のドロップレット）を、第2レーザ光の照射点手前において、その大部分をガス状に変化させて密度を低下させることができ、第2レーザ光の吸収効率を高めることができる。従って、効率よくEUV光を発光させることができる。

【実施例1】

【0020】

図1、図2に基づいて第1実施例を説明する。図1は、EUV光源装置1の全体構成を示す説明図、図2は、複数のレーザ光が照射されることによりターゲットの状態が変化する様子を示す説明図である。

40

【0021】

図1に示すEUV光源装置1は、それぞれ後述するように、例えば、真空チャンバ100と、メインパルスレーザ光源110と、加熱蒸発用レーザ光源120と、ドロップレット供給部130と、排気ポンプ140と、制御部150と、EUV集光ミラー160とを備えている。加熱蒸発とは、連続光または疑似連続光として構成されるレーザ光をターゲット（ドロップレット）200に照射することにより、そのターゲット200を加熱して蒸発させることを意味する。

【0022】

50

真空チャンバ100は、排気ポンプ140によって真空状態に保たれる。真空チャンバ100には、例えば、複数の入射窓101、102と、ゲートバルブ103とが設けられている。一つの入射窓101は、メインパルスレーザー光源110からのメインパルスレーザー光を真空チャンバ100内に入射させるための窓である。他の一つの入射窓102は、加熱蒸発用レーザー光源120からの連続光または疑似連続光を真空チャンバ100内に入射させるための窓である。ゲートバルブ103は、真空チャンバ100内で発生したEUV光を、図外の露光装置に供給するためのバルブである。ゲートバルブ103は、通常時は開状態となっており、EUV光を露光装置に向けて通過させる。メンテナンス時には、ゲートバルブ103は閉状態となる。

【0023】

ドロップレット供給部130は、例えば、錫(Sn)等の金属材料を加熱溶解することにより、ターゲット200を供給する。ターゲット200は、固体または液体のドロップレットとして構成される。本実施例では、ターゲット物質として、錫を例に挙げて説明するが、これに限らず、例えば、リチウム(Li)等の他の物質を用いてもよい。あるいは、アルゴン(Ar)、キセノン(Xe)、クリプトン(Kr)、水、アルコール、スタナン(SnH₄)、四塩化錫(SnCl₄)等の材料を、液体または氷にして、ドロップレットを生成する構成でもよい。ドロップレット供給部130は、ターゲット供給部と呼び換えることもできる。なお、以下の説明では、ターゲットをドロップレットと呼ぶ場合もある。

【0024】

メインパルスレーザー光源110は、ドロップレット供給部130から供給されるターゲット200を励起させるためのパルスレーザー光111を出力する。メインパルスレーザー光源110は「第2レーザー光源装置」に、パルスレーザー光111は「第2レーザー光」に、それぞれ該当する。メインパルスレーザー光源110は、例えば、CO₂(炭酸ガス)パルスレーザー光源として構成される。メインパルスレーザー光源110は、例えば、波長10.6μm程度のレーザー光111を出力する。このメインパルスレーザー光111は、集光レンズ112及び入射窓101を介して、真空チャンバ100内に入射し、ガス状のターゲット210を照射する。なお、レーザー光源としてCO₂パルスレーザーを例に挙げるが、本発明はこれに限定されない。

【0025】

加熱蒸発用のレーザー光源120は、ドロップレットの形状及び状態を事前に整えるための光源装置である。加熱蒸発用レーザー光源120は「第1レーザー光源装置」に、レーザー光121は「第1レーザー光」に、それぞれ該当する。加熱蒸発用レーザー光源120は、例えば、連続光(CW)または疑似連続光(Quasi-CW)のレーザー光を出力する。本実施例における連続光または疑似連続光は、例えば、ドロップレット表面のアブレーション閾値を下回る程度のピーク強度を有するレーザー光、として定義可能である。

【0026】

加熱蒸発用レーザー光源120としては、例えば、YAG(Yttrium Aluminum Garnet)レーザー等のレーザー光源を使用できる。但し、本発明は、加熱蒸発用レーザー光源の種類を特に問わない。例えば、炭酸ガスレーザー、Nd:YAGレーザー、Yb:YAGレーザーやこれらの高調波光等を用いてもよい。

【0027】

さらに、可視光から近赤外域にかけての発振波長を有するレーザーダイオード等を用いてもよい。レーザーダイオード光を用いる場合は、ファイバ結合させて輝度を高めることにより、微少なターゲット200への照射が容易となる。さらに輝度を向上させるために、ファイバーレーザーを用いてもよい。

【0028】

加熱蒸発用レーザー光源120から出力されるレーザー光121は、入射窓102を介して真空チャンバ100内に入射し、ドロップレットのターゲット200を照射する。なお、以下の説明では、特に区別する場合を除き、連続光及び疑似連続光をまとめて「連続光」

10

20

30

40

50

または「CWレーザー光」と呼ぶことにする。さらに、加熱蒸発用レーザー光源120を、「CWレーザー光源」と呼ぶ場合がある。

【0029】

なお、入射窓102を用いずに、ファイバを用いてCWレーザー光121を真空チャンバ100内に導入することもできる。例えば、EUV光源装置1の他の構成部品と空間的に干渉する可能性がある場合や、CWレーザー光源120を高磁場・高電磁場環境から遠ざけておきたい場合等に、ファイバを用いてCWレーザー光121を真空チャンバ100内に導けばよい。

【0030】

制御部150は、EUV光源装置1の動作を制御する装置である。説明の便宜上、本実施例の制御部150は、各レーザー光源110, 120及びドロップレット供給部130等の動作をそれぞれ制御する。図1では、便宜上、単一の制御部150によって、レーザー光の照射及びドロップレットの供給等を制御するかのよう示すが、レーザー光源装置の動作とドロップレットの供給とをそれぞれ別々の制御装置で制御する構成でもよい。

10

【0031】

EUV集光ミラー160は、EUV光を反射させて集めるためのミラーである。EUV集光ミラー160には、メインパルスレーザー光111が通過するための穴部161を設けることもできる。EUV集光ミラー160の表面は、全体として少なくとも一つ以上の曲率を有するように構成される。EUV集光ミラー160の表面は、例えば、回転楕円体のような凹面、放物面、球面、複数の曲率を有する凹面として構成される。EUV集光ミラー160は、例えば、モリブデン膜とシリコン膜とから構成される多層膜(Mo/Si)により、13nm程度のEUV光を反射する。

20

【0032】

EUV集光ミラー160によって集められるEUV光は、ゲートバルブ103等を介して、露光装置に送り込まれる。なお、EUV光の純度を高めるために、回折格子やフィルタ等の光学部品を用いてもよい。

【0033】

図2に示すように、ドロップレット供給部130は、例えば、加熱装置によって金属材料を溶融させ、この溶融金属に振動を加えて噴射する。これにより、ドロップレット供給部130は、必要最小量の物質を有するターゲット200を、所定間隔で真空チャンバ100内に供給する。ターゲット200は、真空チャンバ100内を図2中の下側に向けて移動していく。

30

【0034】

ターゲット200には、所定位置IP1において、第1レーザー光としてのCWレーザー光121が照射される。所定位置は、例えば、第1照射点またはプリレーザー照射点と呼ぶこともできる。所定位置IP1は、例えば、ドロップレットの移動方向を基準として、メインパルスレーザー光111が照射される位置IP2よりも手前の、位置に設定できる。あるいは、位置IP1と位置IP2とを実質的に同一の位置に設定することもできる。なお、位置IP2は、例えば、第2照射点またはメインレーザー照射点と呼んでもよい。図中では、ターゲットの符号にかっこ書きで、照射点の位置を示している。

40

【0035】

第1照射点IP1において、CWレーザー光121がターゲット200に照射される。CWレーザー光121のビーム径は、ターゲット200の直径に合わせて設定される。CWレーザー光121は、例えば、数 μ s~十数 μ s程度の期間、ターゲット200を照射して加熱する。これにより、ドロップレット状の液体金属ターゲット200は、その一部または全部が蒸発し、ガス状のターゲット210へと変化する。

【0036】

ガス状のターゲット210は、第2照射点IP2に向けて移動しつつ気化を続けて膨張する。そして、第2照射点IP2において、体積の増大したガス状ターゲット210に、メインパルスレーザー光111が照射される。これにより、ガス状ターゲット210がプラ

50

ズマ化し、EUV光が放射される。放射されたEUV光は、EUV集光ミラー160によって集められ、露光装置に送られる。

【0037】

CWレーザ光源120としてYAGレーザ光源を用いる場合を例に挙げる。100ワットのレーザ光121を、10 μ s程度、直径30 μ m程度のターゲット200に照射すると、このターゲット200を適切な密度まで蒸発させることができる。適切な密度とは、メインパルスレーザ光111の波長やターゲット200を構成する原子の種類等に応じた適切な密度を意味する。例えば、メインパルスレーザ光源110が炭酸ガスレーザ光源の場合、ターゲットの密度が気体程度の密度になると、高い効率でEUV光を得ることができる。

10

【0038】

ターゲット200の一部又は全部が蒸発することにより、適切な密度のガス状ターゲット210が生成される。ガス状ターゲット210に、炭酸ガスレーザ光源等のメインパルスレーザ光源110からメインパルスレーザ光111が照射される。パルス幅20nsで、出力100mJ以下の炭酸ガスレーザを、ガス状ターゲット210に照射する場合、レーザ光からEUV光を生成するための変換効率を4%程度まで高めることができる。

【0039】

これに対し、従来技術のように、プリパルスレーザ光を使用する場合は、ターゲット200への照射時間が短くなる。液体錫のような金属製ドロップレットの蒸発過程を考察すると、ドロップレットの直径が数十 μ mの場合、ドロップレット内の熱伝達に数 μ s程度の時間を要する。例えば、直径30 μ m、熔融状態の錫ドロップレットを蒸発させる場合を考える。錫の融点は232であり、沸点2270である。錫ドロップレットを蒸発させるために必要な最低の加熱時間は、4 μ s程度と見積もることができる。4 μ sという値は、ドロップレット表面におけるレーザの吸収率を考慮していない。レーザ波長の吸収率を考慮すると、さらに長い加熱時間が必要となる。

20

【0040】

しかし、プリパルスレーザのパルス幅は、数ns~数十nsであり、必要な加熱時間に比べて著しく短い。ドロップレットを蒸発させて適切な密度のターゲットを作り出すためには、より長い時間スケールで加熱する必要がある。ドロップレットを蒸発させてガス状のターゲットにすることを、本明細書では、プリフォーミングと呼ぶ。

30

【0041】

適切なプリフォーミングを実現するためには、プリフォーミングに用いるレーザのピーク出力を抑えて、比較的長時間(数 μ s)ドロップレットを照射する必要がある。しかし、従来のプリパルスレーザでは、ドロップレット表面のアブレーションによって、気体及び/またはプラズマが瞬時的に膨張する。例えば、可視レーザー光で、パルスエネルギー10mJ、集光サイズ(ドロップレット直径)数十 μ mの場合、アブレーション圧力は、数十~数百ギガパスカルに達する。このような高い圧力によって、ドロップレットの母体は分裂飛散してしまい、結果として、ドロップレットの大部分がEUV光発生に寄与しない。

【0042】

より分かり易く表現すると、従来のプリパルスレーザにおいては、ドロップレットのアブレーション及び/又は蒸発は、ドロップレットの表面にとどまり、ドロップレットの多くが液体状態のままで飛散し、デブリになってしまう。

40

【0043】

そこで、本実施例では上述の通り、第1段階として、CWレーザ光121をターゲット200に照射し、ターゲット200を蒸発させてガス状ターゲット210に変化させる。そして、第2段階では、メインパルスレーザ光111をガス状ターゲット210に照射することにより、ターゲット210をプラズマ化させてEUV光を放射させる。

【0044】

従って、本実施例では、メインパルスレーザ光111の直径が大きい場合でも、必要最

50

少量のターゲット200の大部分をガス状ターゲット210に変化させて密度を低下させることができ、メインパルスレーザー光111のエネルギー吸収を大きくすることができる。従って、EUV光を従来よりも効率的に取り出すことができる。

【0045】

本実施例では、CWレーザー光111の照射条件（例えば、ピーク出力や照射時間、波長等）を設定することにより、ガス状ターゲット210の形状や密度をある程度制御することができる。従って、EUV光の生成に適したガス状ターゲット210を得ることができ（EUV発光に適したプリフォーミングが可能となり）、従来よりも高い変換効率を達成することができる。

【0046】

本実施例では、CWレーザー光121を用いるため、プリパルスレーザー光を用いる場合に比べて、より長い時間ターゲット200を照射することができる。従って、CWレーザー光121のピーク出力を、プリパルスレーザー光のピーク出力よりも小さくできる。このため、本実施例では、ターゲット200の大部分を蒸発させることができ、ターゲット200の殆どをEUV光発生に寄与させることができる。つまり、本実施例では、プリパルスレーザーを用いる従来技術に比べて、ターゲット200の体積利用効率を向上させ、デブリを低減することができる。

【0047】

また、本実施例では、CWレーザー光121を用いるため、EUV光の発生プロセスが今よりも高い周期で要求された場合でも、その高い周期に問題なく対応できる。

【0048】

本実施例では、ガス状ターゲット210を生成し、ガス状ターゲット210にメインパルスレーザー光111を照射するため、ターゲット210の残留物によるデブリの発生を抑制できる。従って、真空チャンバ100内や露光装置内の各種光学系部品がデブリによって汚染または損傷するのを効果的に低減することができ、信頼性を向上できる。

【実施例2】

【0049】

図3に基づいて第2実施例を説明する。以下に述べる各実施例は、第1実施例の変形例に相当する。従って、第1実施例との相違点を中心に説明する。本実施例では、複数のCWレーザー光121(1)~121(4)を用いて、ターゲット200を均一に加熱できるようにしている。

【0050】

図3は、本実施例によるEUV光源装置1の要部を示す説明図である。本実施例では、第1照射点IP1の周囲に、複数の(4本の)CWレーザー光源120(1)~120(4)を配置している。各CWレーザー光源120(1)~120(4)は、例えば、周方向に90度ずつ離間して設けられている。また、対向するレーザー光線の同士討ちを避けるために、90度から数度ずらした位置に配置してもよい。つまり、例えば、0度、90度、180度、270度のように完全に90度ずつ離間させて配置してもよいし、レーザー光線の同士討ちを避けるべく、3度、93度、180度、270度のように数度ずらして配置してもよい。なお、数度の例として3度を挙げたが、一例に過ぎず、本発明は、その数値に

【0051】

各CWレーザー光源120(1)~120(4)は、第1照射点IP1に到達したターゲット200に、それぞれCWレーザー光121(1)~121(4)を照射する。これにより、ターゲット200は加熱されて蒸発し、ガス状のターゲット210に変化する。

【0052】

このように構成される本実施例も第1実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、複数のCWレーザー光121(1)~121(4)によって、ターゲット200をそれぞれ異なる角度から加熱する。従って、本実施例では、より均一にターゲット200を加熱して、無駄なく蒸発させることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 3 】

なお、各CWレーザ光121(1)~121(4)のピーク出力は、それぞれ同一に設定することもできるし、それぞれ異ならせることもできる。ターゲット200を構成する原子の種類、ターゲット200の状態や形状に応じて、各CWレーザ光121(1)~121(4)の出力を設定すればよい。

【 実施例 3 】

【 0 0 5 4 】

図4に基づいて第3実施例を説明する。本実施例では、CWレーザ光121をターゲット200の移動に追従させる。図4は、本実施例によるEUV光源装置1の要部を示す説明図である。

10

【 0 0 5 5 】

CWレーザ光源120とターゲット200との間に、掃引機構が設けられる。掃引機構は、例えば、反射ミラー301と回動ミラー302とを含んで構成される。CWレーザ光源120から出射されるCWレーザ光121は、反射ミラー301によって反射され、回動ミラー302に入射する。

【 0 0 5 6 】

回動ミラー302は、ターゲット200の移動に応じて予め設定される所定範囲内で、回動する。従って、回動ミラー302に入射したCWレーザ光121は、回動ミラー302の角度に応じて反射し、ターゲット200を照射する。ターゲット200が第1照射点の最初の位置IP1aに到達すると、CWレーザ光121が照射される。この場合のCWレーザ光に符号121(F)を与えて示している。そして、ターゲット200の移動(落下)に応じて回動ミラー302の角度が連続的に変化する。

20

【 0 0 5 7 】

ターゲット200が第1照射点の最後の位置IP1bに到達するまで、ターゲット200にはCWレーザ光121が連続して照射される。この最後の位置IP1bにおけるCWレーザ光に符号121(L)を与えて示している。第1照射点の最後の位置IP1bでは、ターゲット200の密度が低下して蒸発が始まっている。従って、図中では、ターゲットの符号を201に変えている。しかし、特に区別する必要がない場合、ターゲット200とターゲット201とを区別せずに使用する。

【 0 0 5 8 】

このように構成される本実施例も第1実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、CWレーザ光121を、ターゲット200の移動に追従させて掃引させるため、第1実施例よりも長い照射時間を確保することができる。従って、ターゲット200の移動速度が速い場合でも、CWレーザ光121によってターゲット200をガス化させることができる。

30

【 実施例 4 】

【 0 0 5 9 】

図5, 図6に基づいて第4実施例を説明する。本実施例では、CWレーザ光121を加熱用ミラー310に入射させて反射させることにより、ターゲット200にCWレーザ光121を集めて加熱する。本実施例では、変形例も説明する。

40

【 0 0 6 0 】

図5は、本実施例によるEUV光源装置1の要部を模式的に示す説明図である。図5(a)は、加熱用ミラー310とターゲット200及びCWレーザ光121の相互関係を示す説明図、図5(b)は図5(a)を上から見た平面図である。

【 0 0 6 1 】

加熱用ミラー310は、例えば、回転楕円体等の湾曲した鏡面を備えており、CWレーザ光121に対して比較的高い反射率を有する。加熱用ミラー310は、第1照射点IP1の周囲を取り囲むようにして、かつ、ターゲット200の移動を妨げないようにして、真空チャンバ100内に設けられている。

【 0 0 6 2 】

50

ターゲット 200 は、図 5 中の上側から加熱用ミラー 310 により形成される空間内に進入する。CW レーザ光 121 は、ターゲット 200 を直接照射するのではなく、加熱用ミラー 310 の鏡面に入射するように設定されている。CW レーザ光 121 は、上から下に向けて移動するターゲット 200 に対し、左右いずれかの方向から加熱用ミラー 310 の鏡面に入射する。そして、図 5 (b) に示すように、CW レーザ光 121 は、加熱用ミラー 310 の鏡面で反射し、ターゲット 200 を裏側から照射する。

【0063】

加熱用ミラー 310 の鏡面により形成される焦点の位置と第 1 照射点 IP1 とをほぼ一致させることにより、加熱用ミラー 310 に入射する CW レーザ光 121 をターゲット 200 に向けて集めることができる。

10

【0064】

さらに、本実施例では、CW レーザ光 121 を図 5 中の上から下に向けて掃引し、ターゲット 200 の移動に追従させる。これにより、第 3 実施例で述べたように、照射時間を長くすることができる。

【0065】

図 6 は、別の例を示す説明図である。図 5 に示す例ではターゲット 200 の左右いずれかから CW レーザ光 121 を加熱用ミラー 310 に入射させた。これに対し、図 6 (a) に示す例では、ターゲット 200 の上下いずれから、CW レーザ光 121 を加熱用ミラー 310 に入射させる。図 6 では、CW レーザ光 121 を下側から入射させる場合を示している。図 6 (b) に示すように、CW レーザ光 121 は、加熱用ミラー 310 で反射し、焦点位置に沿って移動するターゲット 200 を照射する。図 6 に示す例においても、ターゲット 200 の移動に応じて CW レーザ光 121 を掃引させることができる。

20

【0066】

このように構成される本実施例も第 1 実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、CW レーザ光 121 でターゲット 200 を直接照射するのではなく、加熱用ミラー 310 で反射させてターゲット 200 を照射する。これにより、より均一に、ターゲット 200 を加熱することができる。

【実施例 5】

【0067】

図 7 に基づいて第 5 実施例を説明する。図 7 は、本実施例による EUV 光源装置 1 の腰部を模式的に示す説明図である。第 4 実施例では、ターゲット 200 の移動方向と平行に加熱用ミラー 310 を設ける場合を説明した。これに対し、本実施例では、ターゲット 200 の移動方向を横切るようにして、加熱用ミラー 320 を配置する。このため、加熱用ミラー 320 には、ターゲット 200 が通過するための穴 321 が設けられている。

30

【0068】

CW レーザ光 121 は、ターゲット 200 を仰ぎ見るかのようにして、加熱用ミラー 320 の下側から加熱用ミラー 320 の鏡面に入射する。CW レーザ光 121 は、加熱用ミラー 320 により反射され、ターゲット 200 の背面側を照射する。このように構成される本実施例も第 1 実施例、第 4 実施例と同様の効果を奏する。

【実施例 6】

40

【0069】

図 8 に基づいて第 6 実施例を説明する。本実施例では、複数の CW レーザ光 121 (R)、121 (F) と、加熱用ミラー 310 とを用い、ターゲット 200 の正面及び背面をそれぞれ照射して加熱する。

【0070】

図 5 で説明した構成に適用する場合を例に挙げて説明する。背面加熱用の CW レーザ光源 120 (R) は、加熱用ミラー 310 の鏡面を臨むようにして設けられる。背面加熱用の CW レーザ光源 120 (R) から出射される CW レーザ光 121 (R) は、加熱用ミラー 310 の鏡面に入射して反射され、ターゲット 200 の背面側を照射する。

【0071】

50

正面加熱用のCWレーザ光源120(F)は、ターゲット200の正面を臨むようにして配置される。ここで、背面、正面とは相対的な位置関係を示し、CWレーザ光121(R)が照射する側を背面、CWレーザ光121(F)が照射する側を正面とする。正面加熱用のCWレーザ光源120(F)から出射されるCWレーザ光121(F)は、ターゲット200の正面を照射して加熱する。なお、各CWレーザ光121(R), 121(F)を、ターゲット200の移動に応じてそれぞれ掃引させることができる。

【0072】

このように構成される本実施例も第1実施例、第4実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、複数のCWレーザ光121(R), 121(F)を用いて、それぞれ異なる面からターゲット200を加熱するため、より一層均一にターゲット200を加熱して蒸発させることができる。

10

【実施例7】

【0073】

図9に基づいて第7実施例を説明する。本実施例では、複数の加熱用ミラー310(1), 310(2)を用い、CWレーザ光121(1), 121(2)をそれぞれ反射させて、ターゲット200に照射する。

【0074】

図9は、本実施例によるEUV光源装置1の要部を模式的に示す説明図である。図9(a), 図9(b)に示すように、本実施例では、図5, 図6で述べたような加熱用ミラー310(1), 310(2)を2個向かい合わせにして使用する。各加熱用ミラー310(1), 310(2)は、ターゲット200を外側から取り囲むようにして、ターゲット200の移動方向と平行になるように、それぞれ配置されている。

20

【0075】

互いに対面する各加熱用ミラー310(1), 310(2)の間には、2つの隙間が形成されている。これらの隙間を介して、CWレーザ光121(1), 121(2)がそれぞれ入射し、加熱用ミラー310(1), 310(2)で反射されて、ターゲット200を別々の方向から照射する。

【0076】

図9(b)に示すように、第1のCWレーザ光121(1)は、第1の加熱用ミラー310(1)の鏡面で反射されて、ターゲット200の一方の側を照射する。第2のCWレーザ光121(2)は、第2の加熱用ミラー310(2)の鏡面で反射されて、ターゲット200の他方の側を照射する。各CWレーザ光121(1), 121(2)を、ターゲット200の移動に応じて掃引し、ターゲット200を追跡する構成にしてもよい。また、それぞれ異なるCWレーザ光源からCWレーザ光121(1), 121(2)をそれぞれ出力させてもよいし、同一のCWレーザ光源から出力されるCWレーザ光を光学系によって分岐させ、CWレーザ光121(1), 121(2)を得る構成でもよい。

30

【0077】

このように構成される本実施例も第1実施例、第4実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、複数の加熱用ミラー310(1), 310(2)及び複数のCWレーザ光121(1), 121(2)を用いるため、より一層均一にターゲット200を加熱して蒸発させることができる。

40

【実施例8】

【0078】

図10, 図11に基づいて第8実施例を説明する。本実施例では、ターゲット200の移動方向の前後いずれかから、ターゲット200にCWレーザ光121(1), 121(2)を照射する。図10, 図11は、本実施例によるEUV光源装置1の要部を模式的に示す説明図である。図10は、ターゲット200の移動方向の後側からターゲット200を照射する例を示す。図11は、ターゲット200の移動方向の前側からターゲット200を照射する例を示す。

【0079】

50

図10の構成例から先に説明する。第1照射点IP1の上側には、加熱用ミラー320が設けられている。つまり、ターゲット200の移動方向を基準として、その後側に加熱用ミラー320が配置される。加熱用ミラー320は、下向きに湾曲するようにして配置されており、その中央部には、ターゲット200が通過するための穴321が設けられている。

【0080】

加熱用ミラー320に対面するようにして、加熱用ミラー320の左右両側に、回動ミラー330(1)、330(2)がそれぞれ設けられている。各回動ミラー330(1)、330(2)は、ターゲット200の移動に応じてそれぞれ回動する。

【0081】

第1のCWレーザ光源120(1)からのCWレーザ光121(1)は、回動ミラー330(1)により反射されて加熱用ミラー320に入射する。そして、CWレーザ光121(1)は、加熱用ミラー320で反射され、ターゲット200の背面からターゲット200を照射する。

【0082】

同様に、第2のCWレーザ光源120(2)から出射されるCWレーザ光121(2)は、回動ミラー330(2)及び加熱用ミラー320を介して、ターゲット200の背面を照射する。さらに、各CWレーザ光121(1)、121(2)は、各回動ミラー330(1)、330(2)の揺動により、ターゲット200を追跡して照射し続ける。

【0083】

図11の構成例を説明する。図11では、ターゲット200の移動方向を基準として、その前側に加熱用ミラー320Aが配置される。即ち、加熱用ミラー320Aは、第1照射点IP1と第2照射点IP2との間に設けられる。加熱用ミラー320Aは、上向きに湾曲するようにして設けられている。

【0084】

加熱用ミラー320Aに対面するようにして、加熱用ミラー320Aの左右両側には、回動ミラー330A(1)、330A(2)がそれぞれ設けられている。各回動ミラー330A(1)、330A(2)は、ターゲット200の移動に応じて回動する。

【0085】

以下、図10で述べたと同様に、第1のCWレーザ光源120(1)から出射されるCWレーザ光121(1)は、回動ミラー330A(1)及び加熱用ミラー320を介して、ターゲット200の前面を照射する。第2のCWレーザ光源120(2)から出射されるCWレーザ光121(2)は、回動ミラー330A(2)及び加熱用ミラー320を介して、ターゲット200の前面を照射する。さらに、各CWレーザ光121(1)、121(2)は、各回動ミラー330A(1)、330A(2)の揺動により、ターゲット200を追跡して照射し続ける。

【0086】

このように構成される本実施例も第1実施例、第4実施例と同様の効果を奏する。なお、加熱用ミラー320に入射させるCWレーザ光の数は2に限定されない。例えば、3本または4本、あるいは5本以上のCWレーザ光を加熱用ミラー320に入射させて、ターゲット200をより多くの方向から加熱する構成としてもよい。

【実施例9】

【0087】

図12～図14に基づいて第9実施例を説明する。本実施例では、EUV集光ミラー160を加熱用ミラーの代わりに使用する。図12は、本実施例によるEUV光源装置1の全体構成を示す説明図である。

【0088】

CWレーザ光源120から出射されるCWレーザ光121は、EUV集光ミラー160の外側の鏡面に入射して反射され、ターゲット200を照射する。つまり、本実施例では、EUV集光ミラー160を、CWレーザ光121を反射させるための反射ミラーとして

10

20

30

40

50

利用する。

【0089】

EUV集光ミラー160は、上述の通り、モリブデンとシリコンとを交互に積層させた多層膜として形成される。このEUV集光ミラー160は、中心波長13.5nmのEUV光を、例えば70%程度の反射率で反射することができる。これに限らず、EUV集光ミラー160は、例えば、1.06μm程度の波長のCWレーザー光121も所定の反射率で反射する。そこで、本実施例では、EUV集光ミラー160を加熱用ミラーとしても利用する。

【0090】

図13は、本実施例の一つの変形例を示す説明図である。図13に示す例では、第1のCWレーザー光121(1)を、上側(ターゲットの移動方向の後側)からEUV集光ミラー160に入射させる。これにより、第1のCWレーザー光121(1)は、EUV集光ミラー160で反射して、ターゲット200の一方の側を照射する。

10

【0091】

また、第2のCWレーザー光121(2)は、やや下側(ターゲットの移動方向の前側)から、ターゲット200の他方の側を照射する。従って、ターゲット200の一方の側と他方の側とは、それぞれ異なるCWレーザー光により照射されて加熱される。さらに、本実施例では、各CWレーザー光121(1)、121(2)を、ターゲット200の移動に応じて掃引し、ターゲット200を追跡しながら照射するようにしている。

【0092】

図14は、本実施例の別の一つの変形例を示す説明図である。図14に示す例では、図13に示す例と逆に、第1のCWレーザー光源120(1)がターゲット200の一方の側を直接照射し、第2のCWレーザー光源120(2)がEUV集光ミラー160を利用してターゲット200の他方の側を照射する。

20

【0093】

このように構成される本実施例も第1実施例、第4実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、EUV集光ミラー160を加熱用ミラーとしても利用するため、部品点数を削減して製造コストを低減することができる。

【実施例10】

【0094】

図15、図16に基づいて第10実施例を説明する。本実施例では、CWレーザー光121(LB)の形状を線状に形成し、ターゲット200の移動方向に沿って配置する。

30

【0095】

CWレーザー光源120のレーザー出射側には、ラインビーム整形用の光学系340が設けられている。この光学系340は、例えば、シリンダリカルレンズやスリット等の部品から構成されており、線状のレーザー光(ラインビーム)を出力する。以下、線状のCWレーザー光121(LB)をラインビーム121(121LB)とも呼ぶ。

【0096】

ラインビーム121(LB)は、ターゲット200の移動方向に沿うようにして配置されている。ターゲット200は、ラインビーム121(LB)の上端から下端に向けて移動する。ラインビーム121(LB)を上下に通過する間、ターゲット200は照射され続ける。

40

【0097】

図16は、一つの変形例を示す説明図である。図16に示すように、ラインビーム121(LB)に加えて、加熱用ミラー310を用いる構成としてもよい。図16に示す例では、ターゲット200の移動方向の外周側に、ターゲット200を取り囲むようにして加熱用ミラー310を配置する。そして、ラインビーム121(LB)を加熱用ミラー310に入射して反射させ、ターゲット200の一方の側を照射する。

【0098】

このように構成される本実施例も第1実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例

50

では、CWレーザ光121(LB)を線状に形成し、ターゲット200の移動方向に合わせて配置する。従って、本実施例では、CWレーザ光121(LB)をターゲット200に照射する時間を長くすることができる。これにより、本実施例では、比較的小さなピーク出力のCWレーザ光121(LB)を用いて、ターゲット200を比較的長時間照射することができる。この結果、ターゲット200の内部まで加熱して蒸発させることができ、適切な密度を有するガス状ターゲット210を得ることができる。

【0099】

さらに、本実施例では、CWレーザ光をターゲット200の移動に応じて掃引させるための機構部を必要としないため、可動部分を少なくすることができる。従って、本実施例では、EUV光源装置1の寿命を長くすることができる。

10

【0100】

なお、図9に示す構成と図15に示す構成とを結合させることもできる。即ち、図9において、各CWレーザ光121(1)、121(2)をそれぞれラインビームとして構成し、加熱用ミラー320(1)、320(2)で反射させ、ターゲット200を照射するようにしてもよい。

【実施例11】

【0101】

図17に基づいて第11実施例を説明する。本実施例では、円筒状の加熱用ミラー350とラインビーム121(LB)とを用いる。

【0102】

20

図17は、本実施例によるEUV光源装置1の要部を模式的に示す説明図である。図17(a)は斜視図であり、図17(b)は断面図である。加熱用ミラー350は、円筒状に生成されており、その内周面が鏡面となっている。加熱用ミラー350には、軸方向に延びるスリット351が設けられている。加熱用ミラー350は、ターゲット200の移動方向を取り囲むようにして配置される。

【0103】

ラインビーム121(LB)は、スリット351を介して、加熱用ミラー350の内部に進入し、鏡面で反射を繰り返しつつターゲット200を照射する。このように構成される本実施例も第10実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、円筒状の加熱用ミラー350とラインビーム121(LB)とを用いるため、加熱用ミラー350の内部において、ターゲット200を全周から加熱することができる。これにより、より適切な密度及び形状のガス状ターゲットを得ることができる。

30

【実施例12】

【0104】

図18に基づいて第12実施例を説明する。本実施例では、複数のCWレーザ光121(LB)、121(2)を用い、それぞれ異なるタイミングでターゲット200を照射させる。

【0105】

図18は、本実施例によるEUV光源装置1の要部を模式的に示す説明図である。本実施例では、複数のCWレーザ光源120(1)、120(2)を用いる。第1のCWレーザ光源120(1)からのCWレーザ光は、ラインビーム整形用の光学系340によってラインビーム121(LB)に整形される。ラインビーム121(LB)は、ターゲット200の移動方向に沿って配置される。

40

【0106】

第2のCWレーザ光源120(2)からのCWレーザ光121(2)は、ラインビーム121(LB)の照射された後のターゲット200を、照射する。つまり、本実施例では、上側でラインビーム121(LB)をターゲット200に照射する。続いて、本実施例では、下側で、断面円状のCWレーザ光121(2)をターゲット200に照射する。

【0107】

本実施例では、ラインビーム121(LB)をターゲット200に照射することにより

50

、ターゲット 200 の温度を蒸発温度に近い温度まで高めておく。この加熱されたターゲットに符号 201 を与える。そして、ターゲット 201 が第 1 照射点 LP1 に到達したときに、第 2 の CW レーザ光 121 (2) をターゲット 201 に照射して、ガス状ターゲット 210 を生成する。

【0108】

このように構成される本実施例も第 1 実施例、第 10 実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、複数段階にわけて CW レーザ光 121 (LB), 121 (2) をターゲット 200 にそれぞれ入射させるため、ガス状ターゲット 210 を得るまでの時間を制御することができる。これにより、蒸発ガスが周囲に拡散する前に、メインパルスレーザ 111 を照射してプラズマ化し、EUV 光を放射させることができる。

10

【0109】

なお、本実施例では、2 段階でターゲット 200 を加熱する場合を例示したが、これに限らず、3 段階以上で加熱する構成としてもよい。また、各段階の CW レーザ光を互いにオーバーラップさせて、ターゲット 200 を照射する構成としてもよい。また、各段階の CW レーザ光のピーク出力は同一に設定される必要はなく、それぞれ異なるピーク出力に設定することができる。

【実施例 13】

【0110】

図 19 に基づいて第 13 実施例を説明する。本実施例は、図 15 等に示すラインビーム 121 (LB) の出力に、空間的な強度変調を与える。図 19 は、ラインビーム 121 (LB) の長さ位置に応じて出力が変化の様子を示す。ターゲット 200 が進入する上側 (入口側) では、ラインビーム 121 (LB) の出力は比較的小さく設定される。ターゲット 200 がラインビーム 121 (LB) の範囲から外に出る下側 (出口側) では、ラインビーム 121 (LB) の出力は比較的高く設定される。

20

【0111】

このように構成される本実施例も第 10 実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、ラインビーム 121 (LB) の出力を、ターゲット 200 の入口側から出口側に向けて次第に増加するように設定する。これにより、ターゲット 200 を徐々に加熱して、ラインビーム 121 (LB) の出口側では、最終的にターゲット 200 を短時間で蒸発させることができる。

30

【実施例 14】

【0112】

図 20 に基づいて第 14 実施例を説明する。本実施例は、図 4 に示す第 3 実施例において、CW レーザ光 121 の出力を時間的に変化させる。CW レーザ光 121 (F) がターゲット 200 に最初に照射される時刻 t_0 では、CW レーザ光 121 (F) のピーク出力は P2 に設定されている。

【0113】

そして、CW レーザ光 121 (L) がターゲット 200 (201) に最後に照射される時刻 t_1 では、CW レーザ光 121 (L) のピーク出力は、P2 から P1 に増加する ($P1 > P2$)。

40

【0114】

このように構成される本実施例も第 3 実施例と同様の効果を奏する。さらに、本実施例では、ターゲット 200 にメインパルスレーザ光 111 を照射させる直前に、ターゲット 200 を蒸発させて、ガス状ターゲット 210 に変化させることができる。

【実施例 15】

【0115】

図 21 に基づいて第 15 実施例を説明する。本実施例では、ドロップレット供給部 130 に、添加剤を供給する。これにより、ドロップレット供給部 130 は、添加剤の混ざったターゲット 200 を真空チャンバ 100 内に供給する。添加剤としては、例えば、カーボン等の、レーザ光の吸収を助長するような物質が選択される。

50

【図面の簡単な説明】

【0116】

【図1】第1実施例に係るEUV光源装置の構成図。

【図2】ターゲットとCWレーザ光及びメインパルスレーザ光の関係を模式的に示す説明図。

【図3】第2実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図4】第3実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図5】第4実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図6】変形例を示す説明図。

【図7】第5実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

10

【図8】第6実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図9】第7実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図10】第8実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図11】変形例を示す説明図。

【図12】第9実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図13】変形例を示す説明図。

【図14】他の変形例を示す説明図。

【図15】第10実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図16】変形例を示す説明図。

【図17】第11実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

20

【図18】第12実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図19】第13実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図20】第14実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

【図21】第15実施例に係るEUV光源装置の要部を示す説明図。

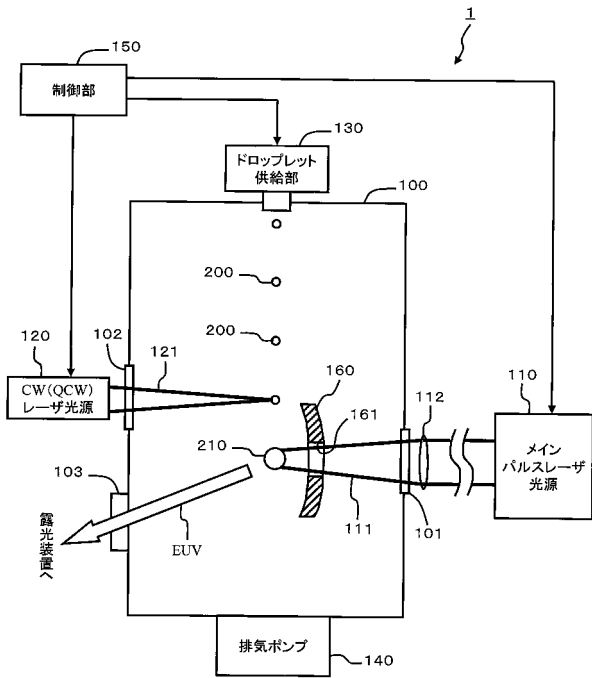
【符号の説明】

【0117】

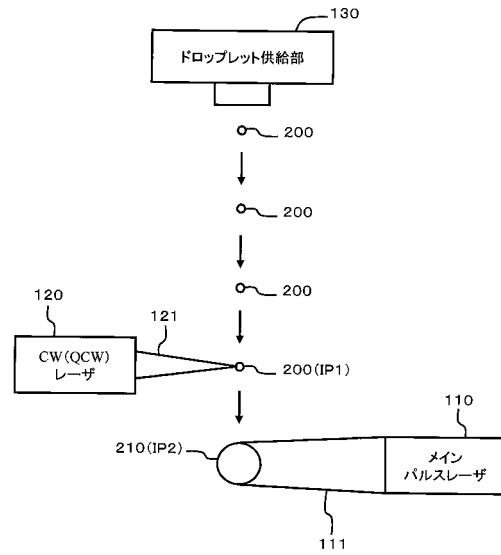
1 : EUV光源装置、100 : 真空チャンバ、101, 102 : 入射窓、103 : ゲートバルブ、110 : メインパルスレーザ光源、111 : メインパルスレーザ光、112 : 集光レンズ、120 : CW (QCW) レーザ光源 (加熱蒸発用レーザ光源)、121 : CWレーザ光、121 (LB) : ラインビームに整形されたCWレーザ光、130 : ドロップレット供給部、140 : 排気ポンプ、150 : 制御部、160 : EUV集光ミラー、161 : 穴部、200, 201 : ターゲット、210 : ガス状ターゲット、301 : 反射ミラー、302 : 回動ミラー、310, 320, 320A, 350 : 加熱用ミラー、330, 330A : 回動ミラー、340 : ラインビーム整形用光学系、351 : スリット

30

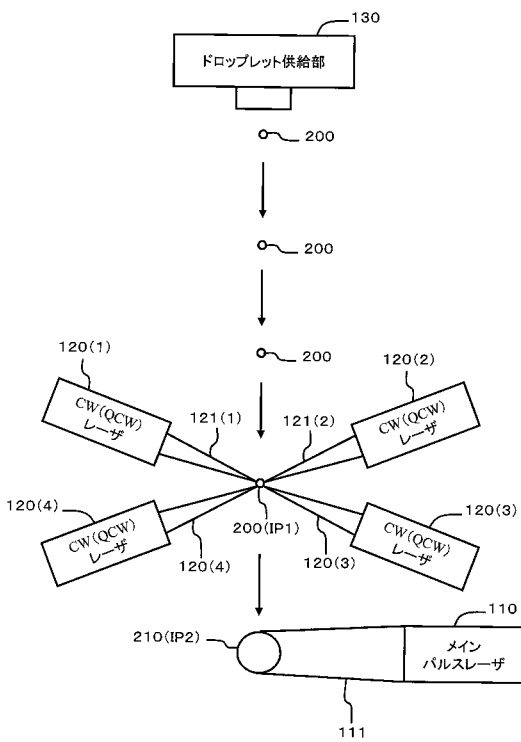
【図1】



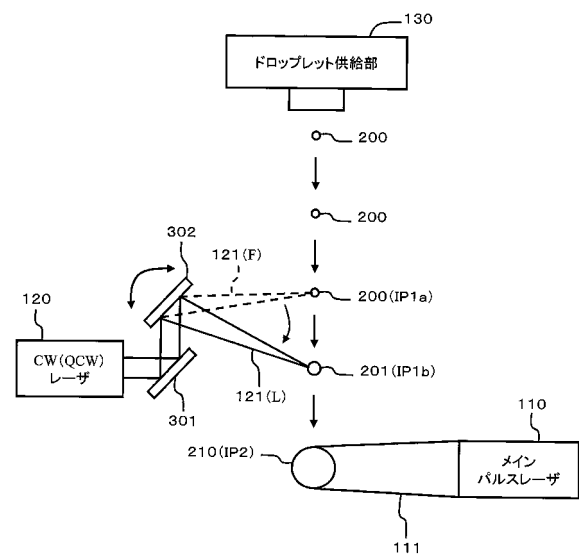
【図2】



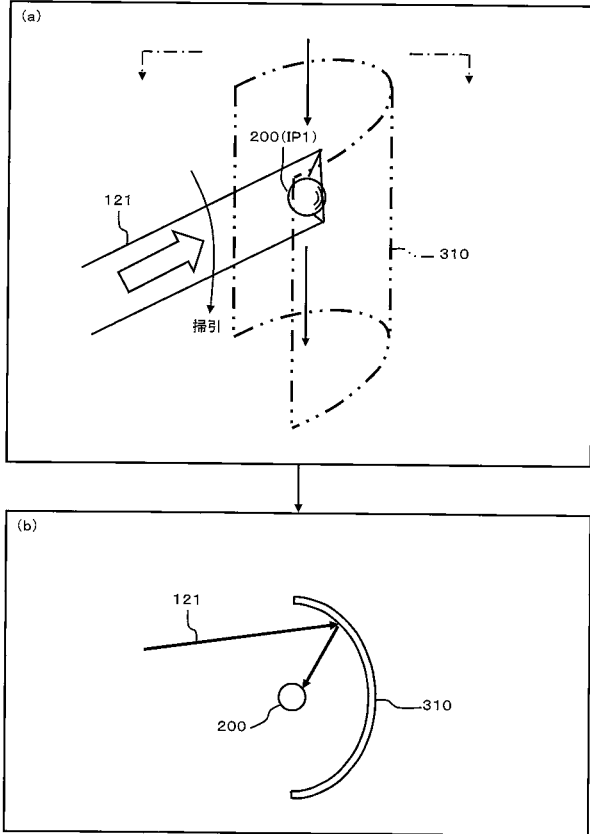
【図3】



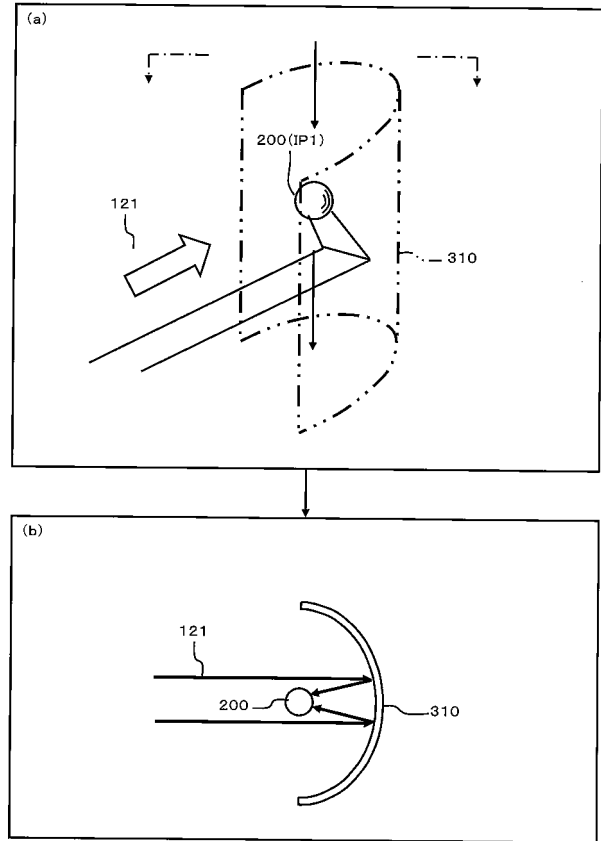
【図4】



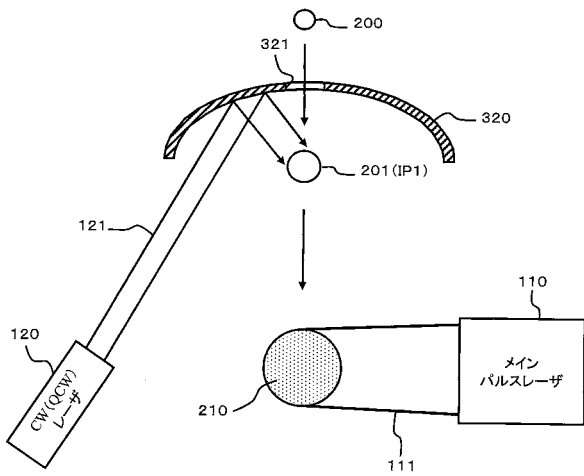
【 図 5 】



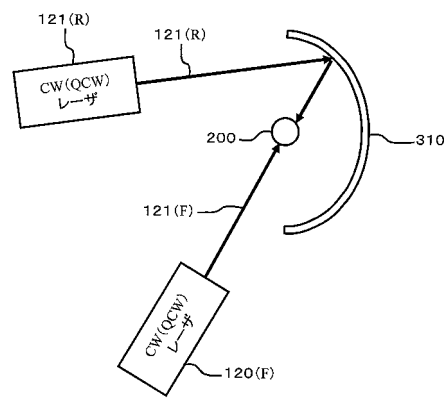
【 図 6 】



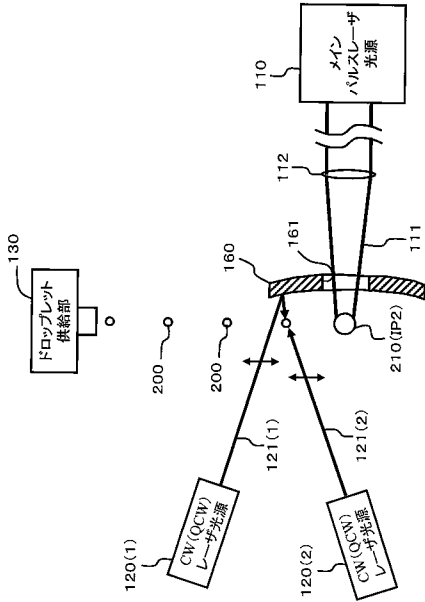
【 図 7 】



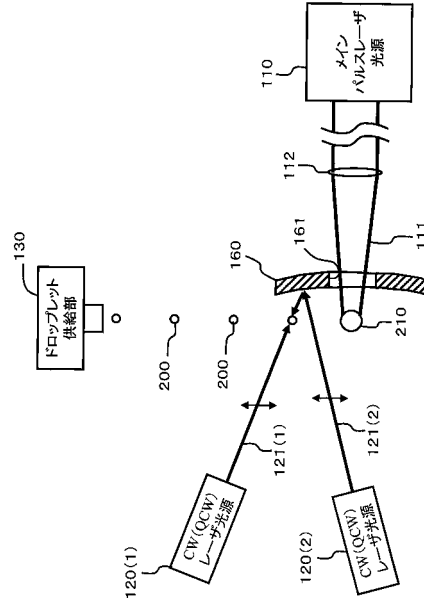
【 図 8 】



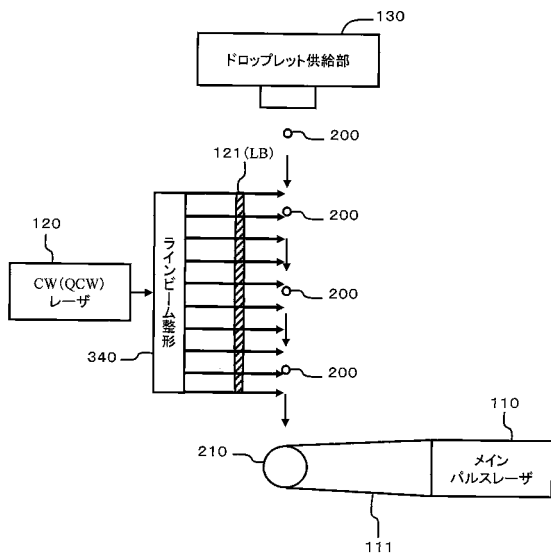
【 図 1 3 】



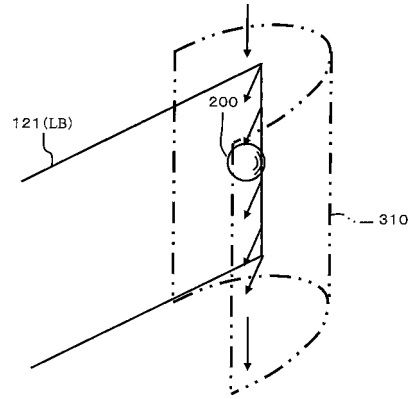
【 図 1 4 】



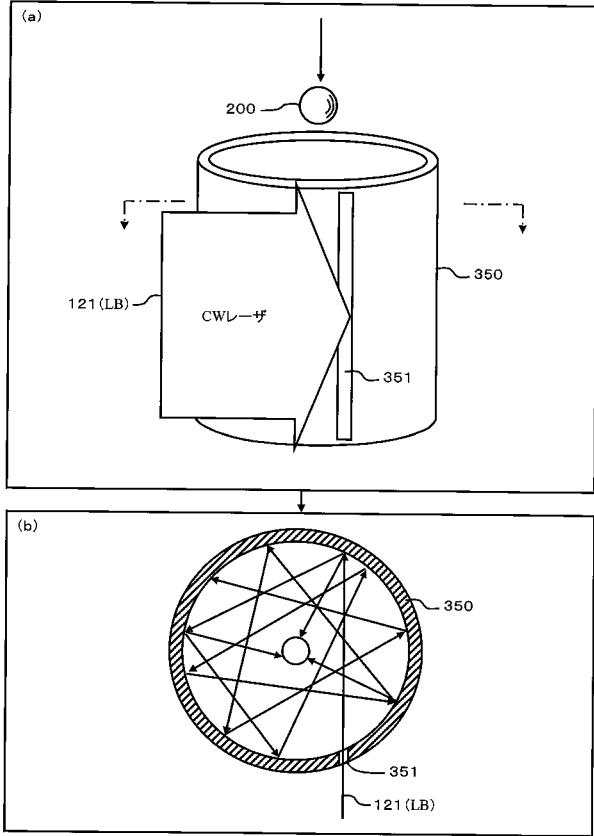
【 図 1 5 】



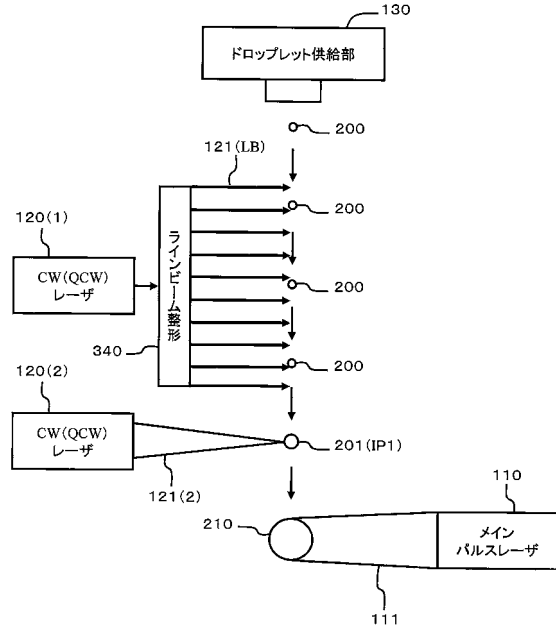
【 図 1 6 】



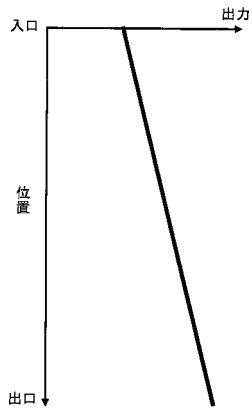
【 図 1 7 】



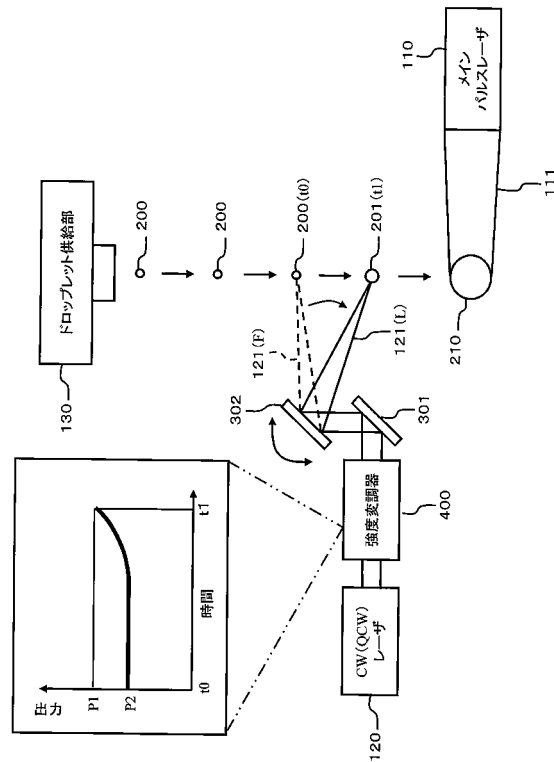
【 図 1 8 】



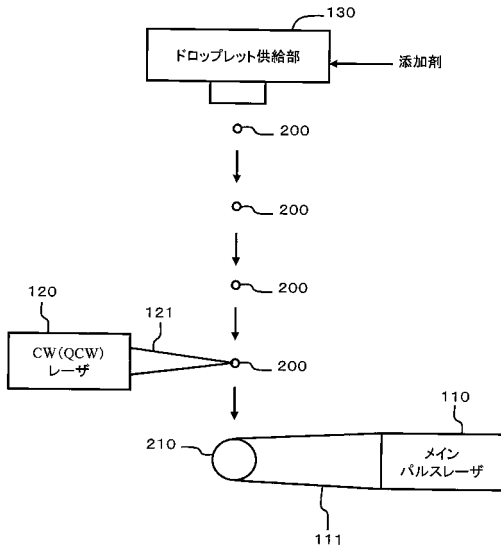
【 図 1 9 】



【 図 2 0 】



【 図 2 1 】



フロントページの続き

- (72)発明者 遠藤 彰
神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 ギガフォトン株式会社内
- (72)発明者 若林 理
神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 ギガフォトン株式会社内
- (72)発明者 柿崎 弘司
神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 ギガフォトン株式会社内
- (72)発明者 星野 秀住
神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所研究本部内
- Fターム(参考) 4C092 AA06 AA15 AC09 BD18
5F046 GC03