

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4535732号
(P4535732)

(45) 発行日 平成22年9月1日(2010.9.1)

(24) 登録日 平成22年6月25日(2010.6.25)

(51) Int.Cl.	F I	
HO 1 L 21/027 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 3 1 S
GO 3 F 7/20 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 3 1 A
G 2 1 K 5/00 (2006.01)	HO 1 L 21/30	5 1 7
G 2 1 K 5/02 (2006.01)	GO 3 F 7/20	5 0 3
G 2 1 K 5/08 (2006.01)	G 2 1 K 5/00	Z

請求項の数 9 (全 13 頁) 最終頁に続く

<p>(21) 出願番号 特願2004-2142 (P2004-2142)</p> <p>(22) 出願日 平成16年1月7日(2004.1.7)</p> <p>(65) 公開番号 特開2005-197456 (P2005-197456A)</p> <p>(43) 公開日 平成17年7月21日(2005.7.21)</p> <p>審査請求日 平成18年12月18日(2006.12.18)</p> <p>(出願人による申告) 国等の委託研究の成果に係る特許出願(平成14年度重点分野研究開発委託費(次世代半導体デバイスプロセス等基盤技術プログラム「極端紫外線(EUV)露光システムの基盤技術開発」)、産業活力再生特別措置法第30条の適用を受けるもの)</p>	<p>(73) 特許権者 000001236 株式会社小松製作所 東京都港区赤坂二丁目3番6号</p> <p>(73) 特許権者 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</p> <p>(74) 代理人 100110777 弁理士 宇都宮 正明</p> <p>(74) 代理人 100100413 弁理士 渡部 温</p> <p>(74) 代理人 100110858 弁理士 柳瀬 睦肇</p>
--	--

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光源装置及びそれを用いた露光装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ターゲットにレーザービームを照射することにより極端紫外光を発生する光源装置であって、

前記ターゲットとなる物質を供給するターゲット供給部と、

前記ターゲットにレーザービームを照射することによりプラズマを発生させるレーザ部と、

前記プラズマから放出される極端紫外光を集光して出射する集光光学系と、

前記集光光学系を挟む少なくとも1対のミラーコイルを含み、前記プラズマから放出される荷電粒子をトラップするために、電流が供給されたときに磁場を発生させる磁場発生手段と、

を具備する光源装置。

【請求項2】

前記集光光学系に、レーザービームを通過させるための穴が形成されている、請求項1記載の光源装置。

【請求項3】

前記集光光学系に、ターゲットを通過させるための穴が形成されている、請求項1又は2記載の光源装置。

【請求項4】

前記プラズマから放出される中性粒子に紫外線を照射することにより中性粒子をイオン

化又は帯電させる荷電手段をさらに具備する請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項記載の光源装置。

【請求項 5】

前記集光光学系内に定常磁場を発生させるように前記磁場発生手段に電流を供給する電流供給手段をさらに具備する請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の光源装置。

【請求項 6】

前記磁場発生手段に電流を供給する電流供給手段と、
前記集光光学系内にパルス磁場を発生させるように前記電流供給手段を制御するタイミング制御手段と、
をさらに具備する請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の光源装置。

10

【請求項 7】

前記集光光学系の周辺に電場を発生させるための電極と、
前記電極に正の電位を印加する電圧供給手段と、
をさらに具備する請求項 1 ~ 4 のいずれか 1 項記載の光源装置。

【請求項 8】

前記磁場発生手段に電流を供給する電流供給手段と、
前記集光光学系内にパルス磁場を発生させるように前記電流供給手段を制御すると共に、前記集光光学系の周辺にパルス電場を発生させるように前記電圧供給手段を制御するタイミング制御手段と、
をさらに具備する請求項 7 記載の光源装置。

20

【請求項 9】

請求項 1 ~ 8 のいずれか 1 項記載の光源装置と、
前記光源装置によって発生された極端紫外光を複数のミラーを用いてマスクに集光する照明光学系と、
前記マスクから反射された極端紫外光を用いて対象物を露光させる投影光学系と、
を具備する露光装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、ターゲットにレーザービームを照射することにより極端紫外 (EUV: extreme ultraviolet) 光を発生する光源装置に関する。さらに、本発明は、そのような光源装置を用いた露光装置に関する。

30

【背景技術】

【0002】

半導体プロセスの微細化に伴って光リソグラフィも微細化が急速に進展しており、次世代においては、100 ~ 70 nm の微細加工、更には 50 nm 以下の微細加工が要求されるようになる。例えば、50 nm 以下の微細加工の要求に応えるべく、波長 13 nm 程度の EUV 光源と縮小投影反射光学系 (catadioptric system) とを組み合わせた露光装置の開発が期待されている。

【0003】

40

EUV 光源としては、レーザービームをターゲットに照射することによって生成するプラズマを用いた LPP (laser produced plasma) 光源と、放電によって生成するプラズマを用いた DPP (discharge produced plasma) 光源と、軌道放射光を用いた SR (synchrotron radiation) 光源との 3 種類がある。これらの内でも、LPP 光源は、プラズマ密度をかなり大きくできるので黒体放射に近い極めて高い輝度が得られ、ターゲット材料を選択することにより必要な波長帯のみの発光が可能であり、ほぼ等方的な角度分布を持つ点光源であるので光源の周囲に電極等の構造物がなく、2 sterad という極めて大きな捕集立体角の確保が可能であること等の利点から、数十ワット以上のパワーが要求される EUV リソグラフィ用の光源として有力であると考えられている。

【0004】

50

L P P光源において、プラズマを発生させるためにレーザービームが照射されるターゲットとして固体材料を用いると、レーザービーム照射領域がプラズマ化するときレーザービームの照射により発生する熱がレーザービーム照射領域の周辺に伝わり、その周辺において固体材料が溶融する。溶融した固体材料は、直径数 μm 以上の粒子塊(デブリ)となって多量に放出され、集光ミラー(具体的にはミラーコーティング)にダメージを与え、その反射率を低下させる。一方、ターゲットとして気体を用いると、デブリは少なくなるものの、駆動用レーザに供給するパワーからEUV光のパワーへの変換効率が低下してしまう。

【0005】

図9に、従来の光源装置の構成を示す。ノズル101からターゲットとなる物質を下方に噴射させる。駆動用レーザ102から発生したレーザー光を集光レンズ103により収束させることによって形成したレーザービームをターゲットに照射することによって、プラズマ104を発生させる。プラズマ104から放出されたEUV光は、集光ミラー105により集光され、光束(例えば平行光)106となってデブリシールド107を通過した後、露光機へ伝送される。

【0006】

このとき、EUV光と共に発生するデブリによって集光ミラー105が受けるダメージを抑えるために、ターゲットにレーザービームを照射する領域から集光ミラー105を離す必要があり、また、EUV光の捕集率を維持するためには、レーザービーム照射領域と集光ミラー105との間の距離が長くなるにつれて、集光ミラー105のサイズを大きくする必要があった。

【0007】

関連する技術として、下記の特許文献1には、発生したデブリによる光学ミラーの損傷を防止すると共に、X線の回収効率を向上したレーザプラズマX線源が開示されている。この特許文献1によれば、ターゲットの噴射方向に対して直角方向に磁場を印加する磁場印加装置を備えており、磁場によって偏向される前のデブリの進行方向をターゲットの噴射方向と仮定した場合に、磁場によって偏向されたイオン状のデブリが飛散してこない方向に光学ミラーを配置することにより光学ミラーの損傷を防止することができる。

【0008】

しかしながら、プラズマから放出されるデブリは、ほぼ全方向に飛散してしまう。また、プラズマから放出されるイオンは数keVのエネルギーを持つので、その進行速度は数十km/sにも達する。したがって、プラズマの進行速度を、プラズマ化する前のターゲットの進行速度と同一の数百m/sと考え、磁場によってターゲットの進行方向と仮定したデブリの進行方向を変更させたつもりであっても、その効果は少なく、実際は、デブリはほぼ全方向に飛散してしまい、光学ミラーの損傷を防止することはできない。

【0009】

また、 $10^{-1} \sim 10^0$ T程度の磁束密度を発生させれば良いので、市販の強力な永久磁石を用いて達成できるとしているが、このような磁束密度を発生するためには、永久磁石とレーザービーム照射領域との距離を非常に短くする必要がある。しかしながら、永久磁石とレーザービーム照射領域との距離を非常に短くすると、光学ミラーの捕集立体角を著しく制限するという問題がある。

【0010】

また、下記の特許文献2には、固体ターゲットから生じるデブリ(ス)を比較的簡単な方法で根本的に除去することのできる除去方法及び装置が開示されている。この特許文献2によれば、ターゲット物質表面のプラズマからX線と共に発生する中性微粒子に紫外線により電荷を与え、X線の経路に沿って配置される一対のメッシュ状の電極及び一対の電極の間に配置される電磁石によって電場と磁場とが直交する電磁場を発生させ、荷電微粒子に電磁場を通過させることにより、荷電微粒子の軌道を曲げてX線の経路外に排除することができる。これにより、X線の経路上に設けられるX線光学素子を保護することができる。

【0011】

しかしながら、この方法を図9に示す従来の光源装置に適用する場合には、発生するプラズマ104と集光ミラー105との間に電磁石及び電極を配置する必要があり、電磁石及び電極によるEUV光の遮蔽、及び、レーザービーム照射領域と集光ミラー105との間の長い距離によって捕集立体角が非常に小さくなり、EUV光の捕集率が極端に低下するという問題がある。

【特許文献1】特許第3433151号公報(第2,3頁、図1)

【特許文献2】特許第2552433号公報(第2,4頁、図1)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0012】

そこで、上記の点に鑑み、本発明は、EUV光の捕集立体角及び捕集率を確保しつつ、ミラーコーティングに有害であるとされるデブリから集光ミラーを保護することにより、集光ミラーを長寿命化し、ランニングコストを低減することができる光源装置を提供することを目的とする。また、本発明は、そのような光源装置を用いることにより、微細な光リソグラフィを実現することができる露光装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0013】

上記課題を解決するため、本発明に係る光源装置は、ターゲットにレーザービームを照射することにより極端紫外光を発生する光源装置であって、ターゲットとなる物質を供給するターゲット供給部と、ターゲットにレーザービームを照射することによりプラズマを発生させるレーザー部と、プラズマから放出される極端紫外光を集光して出射する集光光学系と、集光光学系を挟む少なくとも1対のミラーコイルを含み、プラズマから放出される荷電粒子をトラップするために、電流が供給されたときに磁場を発生させる磁場発生手段とを具備する。

【0014】

光源装置は、集光光学系内に定常磁場を発生させるように磁場発生手段に電流を供給する電流供給手段をさらに具備するようにしても良いし、磁場発生手段に電流を供給する電流供給手段と、集光光学系内にパルス磁場を発生させるように電流供給手段を制御するタイミング制御手段とをさらに具備するようにしても良い。

【0015】

また、光源装置は、集光光学系の周辺に電場を発生させるための電極と、電極に正の電位を印加する電圧供給手段とをさらに具備するようにしても良い。その場合に、光源装置は、磁場発生手段に電流を供給する電流供給手段と、集光光学系内にパルス磁場を発生させるように電流供給手段を制御すると共に、集光光学系の周辺にパルス電場を発生させるように電圧供給手段を制御するタイミング制御手段とをさらに具備するようにしても良い。

【0016】

以上において、光源装置は、プラズマから放出される中性粒子に紫外線を照射することにより中性粒子をイオン化又は帯電させる荷電手段をさらに具備するようにしても良い。

本発明に係る露光装置は、上記いずれかの光源装置と、光源装置によって発生された極端紫外光を複数のミラーを用いてマスクに集光する照明光学系と、マスクから反射された極端紫外光を用いて対象物を露光させる投影光学系とを具備する。

【発明の効果】

【0017】

本発明によれば、電流が供給されたときに集光光学系内に磁場を発生させる磁場発生手段を設けたことにより、EUV光の捕集立体角及び捕集率を確保しつつ、ミラーコーティングに有害であるとされるデブリから集光ミラーを保護することが可能となる。その結果、集光ミラーを長寿命化し、ランニングコストを低減することができる光源装置を提供することができる。また、そのような光源装置を用いることにより、微細な光リソグラフィを実現することができる露光装置を提供することができる。

10

20

30

40

50

【発明を実施するための最良の形態】

【0018】

以下、本発明を実施するための最良の形態について、図面を参照しながら詳しく説明する。なお、同一の構成要素には同一の参照番号を付して、説明を省略する。

図1に、本発明の第1の実施形態に係る光源装置の構成を示す。この光源装置は、レーザ部として、レーザビームを発生する駆動用レーザ1と、駆動用レーザ1が発生するレーザビームを集光する照射光学系とを含んでいる。本実施形態においては、この照射光学系が、集光レンズ2によって構成されている。集光レンズ2としては、平凸レンズやシリンドリカルレンズ、又は、それらレンズの組み合わせが使用される。

【0019】

また、光源装置は、ターゲット供給部として、レーザビームが照射されるターゲットとなる物質を供給するターゲット供給装置3と、ターゲット供給装置3から供給される物質を噴射するためのノズル4とを含み、さらに、プラズマから放出される極端紫外(EUV: extreme ultra violet)光を集光して出射する集光光学系とを含んでいる。本実施形態においては、この集光光学系が、集光ミラー5によって構成されている。集光ミラー5としては、放物面鏡、球面鏡、回転楕円体形状の凹面鏡、又は、複数の曲率を有する球面鏡を使用することができる。本実施形態において、EUV光は、5nm~50nmの波長を有している。レーザ部が、ターゲット供給部から供給されるターゲットにレーザビームを照射することによりプラズマを生成し、集光ミラー5が、プラズマから放出されるEUV光を集光して出射する。

【0020】

また、光源装置は、電流が供給されたときに磁場を発生させる磁場発生手段としてのコイル6及び7と、コイル6及び7に電流を供給する電源8とを含んでいる。図2の斜視図に示すように、コイル6及び7は、各々が円筒形状をしており、2つのコイルの中心軸が一致するように配置されて1対のミラーコイルを形成している。これら2つのコイル6及び7は、レーザビームと直交する方向において集光ミラー5を挟み、コイル6及び7の中心軸が発光点を通るように配置されている。ここで、発光点とは、プラズマ12の発生する位置を意味する。なお、EUV光の捕集光路を遮らなければ、コイル6及び7の中心軸がレーザビームと直交しなくても良い。コイル6及び7には、図2に矢印で示す方向に電流を流す。

【0021】

再び図1を参照すると、光源装置は、駆動用レーザ1、ターゲット供給装置3、電源8等を制御するタイミング制御装置11を含んでいる。タイミング制御装置11は、駆動用レーザ1がレーザビームを発生するタイミングや、ターゲット供給装置3がターゲットを供給するタイミングや、電源8がコイル6及び7に電流を流すタイミング等を制御している。

【0022】

ターゲットとしては、気体、液体、固体のいずれも使用することができる。具体的には、常温(20℃)でガス状態である物質が該当し、例えば、キセノン(Xe)、キセノンを主成分とする混合物、アルゴン(Ar)、クリプトン(Kr)、又は、低気圧状態でガスとなる水(H₂O)若しくはアルコールを用いることができる。極端紫外光発生部は真空状態にする必要があるため、常温で水を供給してもノズルから出た後は気体となる。

【0023】

ターゲットとなる物質が最初からガス状態である場合には、この気体に圧力を加えてノズル4の開口部から放出することにより、この気体をガス状態のまま供給しても良い。又は、この気体を、正イオン又は負イオンを核として複数個の原子又は分子が凝集してできる電荷を帯びた原子又は分子の集合体(クラスターイオン)のジェット(噴射)として供給しても良い。

【0024】

本実施形態においては、ターゲットとして液体キセノン(Xe)を用いている。その場

10

20

30

40

50

合に、発生するEUV光は、約10nm～約15nmの波長を有する。ターゲット供給装置3が、液体キセノンを加圧・冷却することにより、ノズル4の開口部から、例えば下方に向けて液体キセノンを噴射する。ノズル4は、単一の円形若しくはスリット状の開口を有するか、又は、直線上に配列された複数の開口を有する。従って、噴出した液体キセノンは、それぞれの開口形状に応じて垂直に流動し、液体キセノンの柱(連続流)又はドロップレットを形成することになる。

【0025】

駆動用レーザ1から発生されたレーザビームは、集光レンズ2により集光され、実質的にライン状の断面形状を有するレーザビームとなって、集光ミラー5に形成された穴を通過して、液体キセノンの柱又はドロップレットに向けて照射される。レーザビームが液体キセノンに照射される位置において、数mm～数cmの長さを有する葉巻状のプラズマ12が発生する。ノズル4が単一の円形開口を有する場合には、駆動用レーザ1から発生されたレーザビームは、集光レンズ2により集光され、実質的に略円形の断面形状を有するレーザビームとなって、集光ミラー5に形成された穴を通過して、液体キセノンの柱又はドロップレットに向けて照射される。レーザビームが液体キセノンに照射される位置において、数十～数百 μ mの半径を有する略球状のプラズマ12が発生する。

10

【0026】

プラズマ12から放出されたEUV光は、集光光学系を構成する集光ミラー5によって集光され、光束(例えば平行光)13となり、露光機に供給される。集光光学系の光軸は、プラズマ12が葉巻状である場合には、プラズマ12の長手軸と一致させることが望ましく、プラズマ12が略球状である場合には、プラズマ12の略中心と一致させることが望ましい。集光ミラー5の内面(集光鏡)のミラーコーティングとしては、波長13nmのEUV光を発生する場合にはMo/Si又はMo/Srを用い、波長11nmのEUV光を発生する場合にはMo/Be又はMo/Srを用いると、集光効率を向上させることができる。プラズマ12からは、EUV光と共に、集光ミラー5(具体的にはミラーコーティング)にダメージを与えるデブリ(中性粒子塊及びイオン)が放出される。

20

【0027】

本実施形態においては、2つのコイル6及び7によって形成されるミラー磁場を用いて、EUV光の発光点を磁場中に置き、発光点の周辺において発生したプラズマ12から放出される正電荷を帯びたデブリ(イオン)を、発光点の周辺にトラップしている。

30

【0028】

図3は、ミラー磁場を用いてイオンをトラップする原理を説明するための図である。図3に示すように、2つのコイル6及び7を中心軸が一致するように配置し、それらのコイル6及び7に同方向の電流を流すと、コイル6及び7の近傍においては磁束密度が高く、コイル6及び7の中間においては磁束密度が低い磁場が形成される。図3においては、コイル6及び7の軸をZ軸とし、Z軸に沿った磁場の強度を実線によって示し、磁力線を破線によって示している。

【0029】

Z軸の近傍で発生し、Z軸と直交する方向の速度vを持つ正イオンは、Z軸を中心とした円の接線方向に力Fを受けるので、Z軸付近にトラップされる。図4は、図1のIV-IV面における断面図である。図4においては、コイル6側から見たレーザビーム、及び、Z軸と垂直な平面内において運動するイオンの軌道を拡大して描いている。図4に示すように、Z軸の近傍で発生し、Z軸と直交する方向の速度を持つイオンは、この平面内において速度と直交する方向の力を受けて回転し、Z軸付近にトラップされる。

40

【0030】

一方、図3において、Z軸に沿った速度を持つイオンは、磁場の作用をほとんど受けない。しかしながら、集光ミラー5には、ターゲットを通過させるための穴がZ軸を囲むように設けられているので、Z軸に沿った速度を持つイオンの一部は、ターゲットを通過させるための穴を通過して、集光ミラー5の外に抜ける。したがって、Z軸方向に進むイオンの一部は集光ミラー5に衝突しない。

50

【 0 0 3 1 】

また、Z軸方向の速度成分を持つイオンは、次式(1)を満たすように磁場を発生させることにより、発光点周辺に跳ね返ることができる。

$$\sin \theta > (B_{MIN} / B_{MAX})^{1/2} \dots (1)$$

ここで、 B_{MIN} は、コイル6及び7の中間における最も低い磁束密度であり、 B_{MAX} は、コイル6及び7の近傍における最も高い磁束密度であり、 θ は、磁束密度が B_{MIN} となる位置におけるイオンの速度ベクトルとZ軸とが成す角度である。なお、 B_{MIN} 及び B_{MAX} は、コイル6及び7の形状等によって決定される。

【 0 0 3 2 】

式(1)を満たすイオンは、コイル6及び7が発生する磁場によってポテンシャルの谷間に閉じ込められ、式(1)を満たさないイオンは、磁場によっては閉じ込めることができない。しかしながら、式(1)を満たさないイオンを集光ミラーの穴を通して外に排出するように、コイル6及び7の形状や集光ミラー5の穴径を設計することは可能である。

10

【 0 0 3 3 】

本実施形態においては、タイミング制御装置11が、所定の間隔で繰り返しターゲットを供給するようにターゲット供給装置3を制御し、ターゲットが供給されている期間においてレーザビームを発生するように駆動用レーザ1を制御する。また、タイミング制御装置11は、駆動用レーザ1がレーザビームの発生を開始してから、レーザビームの発生を停止してイオンが集光ミラー5を損傷しなくなるほど運動エネルギーを消失するまでの期間において、コイル6及び7によってパルス磁場を発生させるように電源8を制御する。あるいは、このようなタイミング制御を行わずに、電源8がコイル6及び7に定常的に電流を供給することにより、コイル6及び7によって定常磁場を発生させるようにしても良い。

20

【 0 0 3 4 】

本実施形態によれば、デブリをEUV光の発光点の周辺にトラップすることにより、集光ミラーの損傷を防ぐことができるので、集光ミラーの寿命を延命し、ランニングコストを低減できる。また、デブリによる集光ミラーの損傷を防ぎながら、集光ミラーと発光点との間の距離を縮めることができるので、捕集立体角及び捕集率を確保しながら、集光ミラーの小型化が可能となる。したがって、集光ミラーの製作コストを大幅に低減することが可能である。さらに、EUV光が多く発生する駆動用レーザ側に集光ミラーを配置することが可能となり、高効率でEUV光を集光できる。したがって、投入エネルギーを少なくして、ランニングコストを低減できる。

30

【 0 0 3 5 】

また、正イオンと同様に、プラズマから放射される電子を発光点の周辺にトラップすることができるので、正イオン間のクーロン力によって拡散しようとする正イオンの拡散速度を、正イオンと電子との間のクーロン力によって低下させることができる。したがって、電子を発光点の周辺にトラップすることにより、正イオンのラーマ半径を小さくし、正イオンを発光点の周辺にトラップし易くすることができる。

【 0 0 3 6 】

なお、本実施形態においては、正電荷を帯びたデブリ(イオン)を発光点の周辺にトラップすることに関して説明したが、図1に示すように、紫外線(UV)を発生させる紫外線ランプ9と、紫外線ランプ9に電力を供給する電源10とを設けて、中性粒子のデブリに紫外線を照射することにより正に荷電することができる。紫外線のエネルギーは10eV程度であり、紫外線を照射された物質は、電子を放出して正イオン化したり、正に帯電される。

40

【 0 0 3 7 】

電源10は、常に紫外線ランプ9に電力を供給するようにしても良いし、タイミング制御装置11の制御の下で、駆動用レーザ1がレーザビームの発生を開始してから、レーザビームの発生を停止して集光ミラー5を損傷しなくなるほどイオンが運動エネルギーを消失するまでの期間において、紫外線ランプ9に電力を供給するようにしても良い。また、

50

発生したデブリの多くが中性粒子である場合には、電子シャワーを用いて、還元反応によって電子を付与することにより中性粒子を負に荷電することができる。中性粒子を帯電させることができれば、磁場による力を作用させることが可能となる。負に帯電された粒子の場合には、正イオンとは逆向きの力を受けるが、発光点周辺に正イオンと同様にトラップすることができるので、集光ミラーに粒子が衝突することを防止できる。

【0038】

また、電子シャワーの替りに電子ビームを照射することにより、発生したデブリに電荷を付与してもよい。電子ビームを照射する場合には、衝突電離により中性粒子を正イオン化することができる。この場合も、磁場による力を作用させて、発光点周辺に正イオンをトラップすることができるので、集光ミラーに粒子が衝突することを防止できる。

10

【0039】

次に、本発明の第2の実施形態に係る光源装置について、図5を参照しながら説明する。図5に、本発明の第2の実施形態に係る光源装置の構成を示す。図5に示す光源装置は、集光ミラー5の背面に設けられた電極14と、電極14にパルス状の高電位を印加する電源15と、駆動用レーザ1、ターゲット供給装置3、電源8及び15等を制御するタイミング制御装置16とを含んでいる。その他の構成については、図1に示す光源装置と同様である。

【0040】

タイミング制御装置16は、駆動用レーザ1がレーザビームを発生するタイミングや、ターゲット供給装置3がターゲットを供給するタイミングや、電源8がコイル6及び7に電流を流すタイミングや、電源15が電極14にパルス状の高電位を印加するタイミング等を制御している。

20

【0041】

電源15は、タイミング制御装置14の制御の下において、駆動用レーザ1がレーザビームの発生を開始してから、レーザビームの発生を停止して集光ミラー5を損傷しなくなるほどイオンが運動エネルギーを消失するまでの期間において、電極14に正の高電位を印加し、集光ミラー5の周辺に強いパルス電場を発生させる。

【0042】

これにより、高い初速度でプラズマ12から放出されたために発光点の周辺にトラップされなかった正イオンや、質量の割に電価量が小さいために発光点の周辺にトラップされなかった正イオンが、集光ミラー5の手前で跳ね返される。したがって、2つのコイル6及び7によって生成される磁場の強度を高くすることなく、集光ミラー5の損傷を防ぐことができる。また、中性粒子のデブリについても、電源10から電力を供給される紫外線ランプ9を用いて、中性粒子に紫外線を照射することにより、中性粒子を正に荷電することができる。中性粒子を帯電させることができれば、磁場による力を作用させることが可能となり、集光ミラーに粒子が衝突することを防止できる。

30

【0043】

次に、本発明の第3の実施形態に係る光源装置について、図6を参照しながら説明する。図6は、本発明の第3の実施形態に係る光源装置の集光ミラー及びコイルを示す斜視図である。なお、コイル以外の構成要素は、図1に示す光源装置におけるのと同じなので、図6においては省略する。

40

【0044】

図6に示すように、本実施形態におけるコイル17は、野球用のボールの縫合線に沿ったような形状をしており、一般的に、ベースボールコイルと呼ばれている。コイル17が集光ミラー5を包み込むように配置されているので、EUV光の発光点が磁界の内部に位置することになる。本実施形態においては、EUV光の発光点がボール形状の中心となるようにコイル17を配置し、ベースボールコイルによって発生されるベースボール磁場を用いて、発光点において発生したプラズマから放出される正電荷を帯びたデブリ(イオン)を、発光点の周辺にトラップしている。

【0045】

50

図7は、ベースボール磁場を用いてイオンをトラップする原理を説明するための図である。図7に示すように、コイル17に電流を流すと、コイル17の中心部においては磁束密度が低く、中心部からポール形状の周辺部に向かうにつれて、どの方向においても磁束密度が増加するような磁場が形成される。なお、コイル17の中心を通り直交するX軸及びY軸に沿った磁場の強度を実線によって示している。

【0046】

したがって、コイル17の中心部から遠ざかる方向の速度をもつイオンは、コイル17によって囲まれる略球殻状の空間の端面付近において、強い磁場によって跳ね返されるので、コイル17の中心付近（発光点の周辺）にイオンをトラップすることができる。また、本実施形態においても、集光ミラー5の背面に電極を配置し、その電極に正の高電位を印加することにより、コイル17によって生成される磁場の強度を高くすることなく、集光ミラー5の損傷を防ぐことができる。

10

【0047】

次に、本発明の一実施形態に係る露光装置について説明する。図8に、本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を示す。この露光装置は、以上において説明した光源装置を光源として用いており、光源においてデブリがトラップされるので、光学系への悪影響を防ぐことができる。

【0048】

図8に示すように、本発明の一実施形態に係る露光装置は、EUV光を発生する光源装置20と、光源装置20によって発生されたEUV光を複数のミラーを用いてレチクル（マスク）に集光する照明光学系30と、マスクから反射されたEUV光を用いて対象物を露光させる露光機40とを含んでいる。露光装置の全体は、真空ポンプ等により低圧力に保たれた真空系内に設置されている。

20

【0049】

次に、本実施形態に係る露光装置の動作について説明する。

照明光学系30は、光源装置20によって発生されたEUV光を、複数の集光ミラーによって、マスクに集光する。なお、照明光学系30は、全て反射系で構成されており、トータルの反射率は、約65%となっている。

【0050】

マスクには、所望のパターンが形成されており、形成されたパターンに従って、照明光学系30から入射されたEUV光を反射する。露光機40は、マスクによって反射されたEUV光を、ウエハに塗布されたレジストに投影して、レジストを露光する。これにより、マスク上のパターンを縮小して、ウエハ上のレジストに転写することができる。

30

【産業上の利用可能性】

【0051】

本発明は、ターゲットにレーザービームを照射することによりEUV光を発生する光源装置において利用することが可能である。さらに、本発明は、そのような光源装置を用いた露光装置において利用することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0052】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。

【図2】図1に示す集光ミラー及びコイルの斜視図である。

【図3】ミラー磁場を用いてイオンをトラップする原理を説明するための図である。

【図4】図1のIV-IV面における断面図である。

【図5】本発明の第2の実施形態に係る光源装置の構成を示す図である。

【図6】本発明の第3の実施形態に係る光源装置の集光ミラー及びコイルを示す斜視図である。

40

【図7】ベースボール磁場を用いてイオンをトラップする原理を説明するための図である。

【図8】本発明の一実施形態に係る露光装置の構成を示す図である。

50

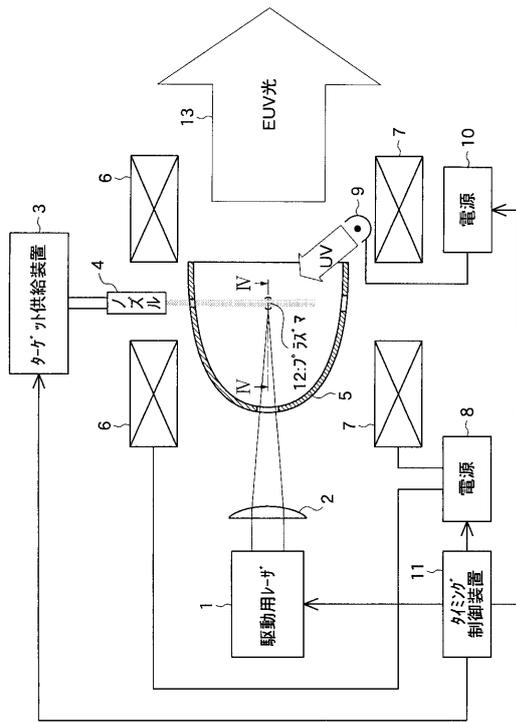
【図9】従来の光源装置の構成を示す図である。

【符号の説明】

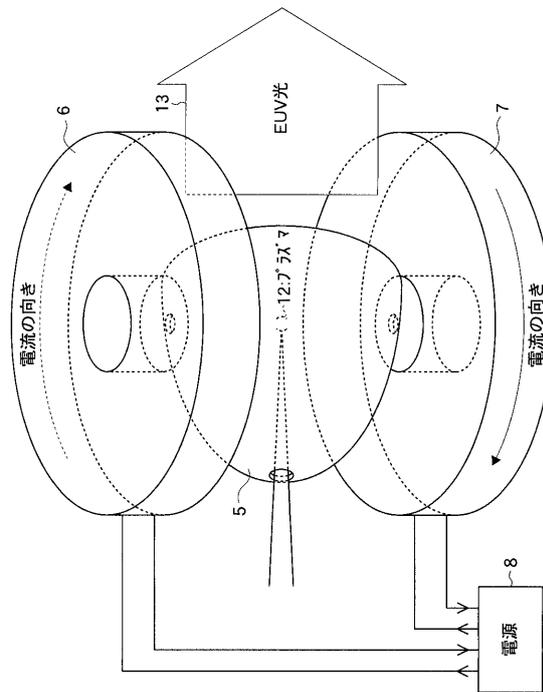
【0053】

1...駆動用レーザ、2...集光レンズ、3...ターゲット供給装置、4...ノズル、5...集光ミラー、6,7,17...コイル、8,10,15...電源、11,16...タイミング制御装置、12...プラズマ、13...光束、14...電極、20...光源装置、30...照明光学系、40...露光機

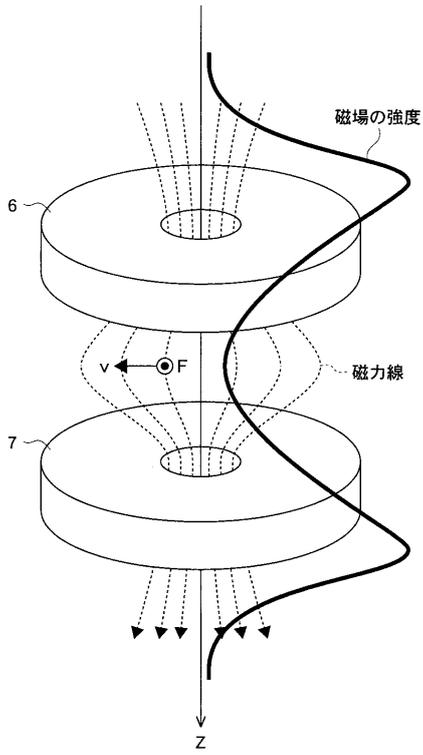
【図1】



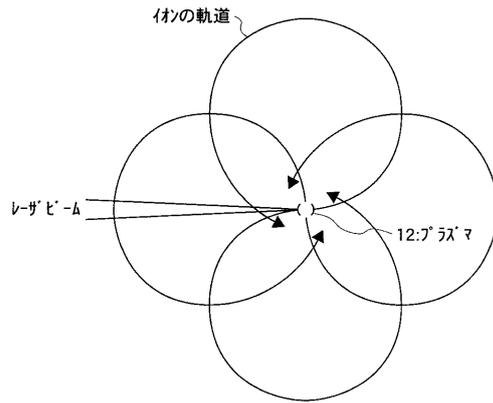
【図2】



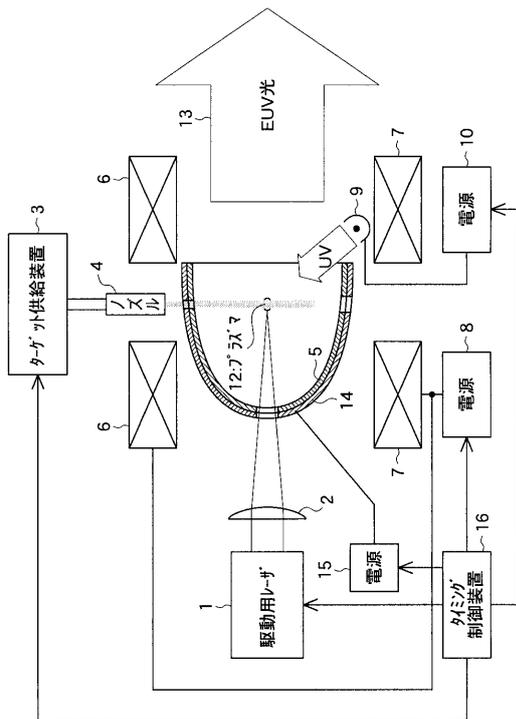
【図3】



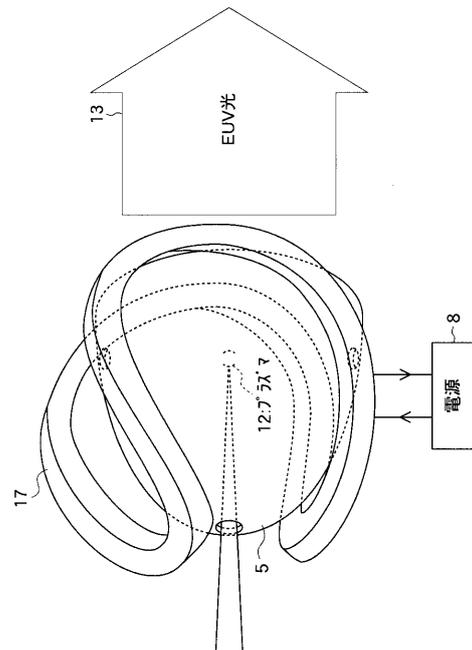
【図4】



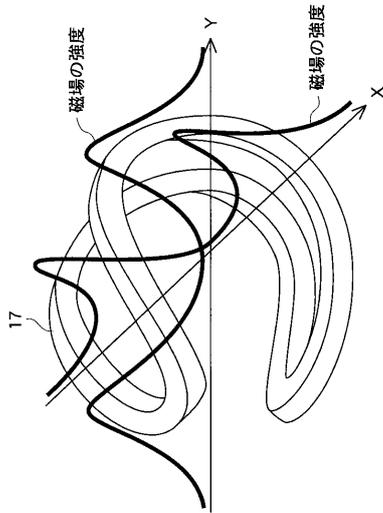
【図5】



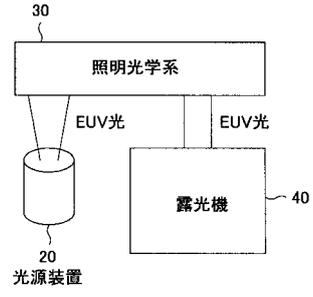
【図6】



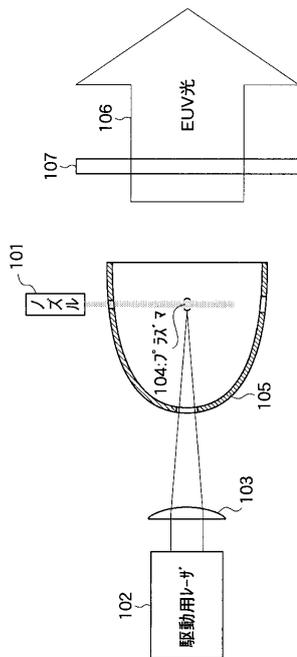
【図7】



【図8】



【図9】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
H 0 5 G	2/00	(2006.01)	G 2 1 K	5/02	X
H 0 5 H	1/24	(2006.01)	G 2 1 K	5/08	X
			H 0 5 G	1/00	K
			H 0 5 H	1/24	

(72)発明者 星野 秀往
 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究所内

(72)発明者 小森 浩
 神奈川県平塚市万田 1 2 0 0 株式会社小松製作所 研究所内

(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

審査官 渡戸 正義

(56)参考文献 特表 2 0 0 7 - 5 2 2 6 4 6 (J P , A)
 国際公開第 2 0 0 5 / 0 6 4 4 0 1 (W O , A 1)
 特許第 2 5 5 2 4 3 3 (J P , B 2)
 特開 2 0 0 3 - 0 9 2 1 9 9 (J P , A)
 特開平 0 4 - 0 5 6 7 7 4 (J P , A)
 特開平 0 2 - 0 2 3 6 1 2 (J P , A)
 特開昭 6 3 - 0 9 6 2 6 7 (J P , A)
 特開 2 0 0 4 - 2 0 7 7 3 6 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 1 L	2 1 / 0 2 7		
G 0 3 F	7 / 2 0	-	7 / 2 4
G 2 1 K	1 / 0 0	-	3 / 0 0
G 2 1 K	5 / 0 0	-	7 / 0 0
H 0 5 G	2 / 0 0		
H 0 5 H	1 / 0 0	-	1 / 5 4